



Sara Couto Ortins

Licenciada em Ciências da Engenharia Civil

Acústica em *open-space*

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil Construção

Orientador: Professor Miguel Amado, Professor
Associado com Agregação do Instituto Superior Técnico,
Universidade de Lisboa

Co-orientador: Doutor Jorge Patrício, Investigador
Principal com Agregação do Laboratório Nacional de
Engenharia Civil

Júri:

Presidente: Prof.^a Doutora Maria Teresa Santana
Arguente: Prof. Doutor Daniel Aelenei
Vogais: Prof. Doutor Miguel Amado



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Mai 2016

“Copyright” Sara Couto Ortins, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

“Nunca quebres o silêncio se não for para o melhorar.”

Ludwig Van Beethoven

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Miguel Amado, por ter acreditado neste projeto desde do início, por toda a disponibilidade, motivação, paciência, compreensão e apoio prestado ao longo de todos os meses em que me acompanhou. O meu sincero obrigado pela orientação e como me transmitiu o caminho a seguir em cada fase deste trabalho para finalizar esta etapa do meu percurso académico.

Ao meu co-orientador Doutor Jorge Patrício, Investigador Principal com Agregação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, pelo seu contributo, conhecimento transmitido sobre a temática desta dissertação e interesse no projeto.

O meu obrigado ao Senhor José Manuel Carvalho que foi incansável em todos os dias de medições, por ter despendido todo esse tempo para me acompanhar às empresas e pela aprendizagem. Acrescento ainda uma palavra de agradecimento ao Engenheiro Luís Santos Lopes pelo empréstimo do equipamento necessário na etapa de medições nas empresas.

Agradeço às três empresas, José Mello Saúde, Science4you e Javali, por terem aceite o pedido de colaboração como caso de estudo, participado neste trabalho e disponibilidade. Sem elas o meu trabalho seria impossível.

Agradeço ainda a todos os participantes no inquérito, sem eles não teria sido possível provar a problemática alvo de estudo, atingir o número de inquiridos que foi acima do espectável nem ter suporte para uma importante fase da investigação.

A todos os Professores que me fizeram chegar até aqui ao longo do meu percurso universitário através do conhecimento transmitido, Obrigado. Em particular, à Professora Doutora Teresa Santana.

Uma palavra de apreço a todas as pessoas da instituição FCT das mais diferentes áreas que me apoiaram, acolheram e aconselharam ao longo destes anos. Em especial à TunaMaria, Divisão de Eventos e Projetos Especiais e AEFCT. E ainda, a Maria do Rosário Duarte pela disponibilidade e à Doutora Maria João pela orientação.

Obrigado a todos os meus Amigos, desde os da infância aos de faculdade, sem esquecer as colegas de casa e companheiras de Tuna.

Por último, mas para mim o mais importante, à minha Família. Em especial, Mãe, Pai, Hugo e Francisco.

RESUMO

Nos dias de hoje a qualidade acústica é cada vez mais uma exigência de habitabilidade e essencial em ambientes de trabalho. A garantia do conforto acústico, privacidade do discurso e inteligibilidade em locais de trabalho onde se agrupam pessoas é uma problemática. O presente trabalho pretende aprofundar e estudar estes aspetos na perspetiva da Acústica.

O ruído pode ser perturbador e provocar desconforto nos trabalhadores, em geral, e para o desenvolvimento das suas atividades laborais, em particular, nas salas com tipologia *open-space*. Há consequências de redução de falta de concentração, inteligibilidade no dialogo entre trabalhadores, baixa de produtividade e que se refletem tanto ao nível de rendimento profissional, como na saúde do trabalhador. Numa sala comum a vários funcionários, onde o ruído se torna um incómodo e perturba a comunicação, implica ser necessário melhorar a acústica desse espaço.

Através de uma vertente de aplicação prática, que contempla inquéritos e medições *in situ*, procurou-se entender este problema. O tratamento de dados dos inquéritos comprova a importância do estudo desta temática. O estudo desenvolvido e a metodologia concebida para dar suporte à investigação prevê que exista uma parte na qual se desenvolva um conjunto de medições para futuro corelacionamento com a componente de análise qualitativa. As medições dos níveis de pressão sonora das empresas alvo de estudo reforçam a ideia que de facto o ruído é o maior problema nos *open-space*. O modo como atenuar, aplicar medidas de controlo e correção, reabilitar os espaços ou mencionar as orientações necessárias a ter em conta nesses espaços visando o conforto acústico, identificam ações que se podem definir e promover de acordo com a metodologia desenvolvida nesta investigação.

Por último comprova-se o tema do presente trabalho. De facto o ruído é o principal problema apontado nos *open-space*, devendo haver uma maior preocupação no tratamento destes espaços.

Palavras-chave: Acústica, *Open-space*, Ruído, Inteligibilidade, Privacidade do discurso.

ABSTRACT

Nowadays acoustic is an increasing roominess requirement and essential in work environment. Acoustic comfort guarantee, speech privacy and intelligibility in workplaces where people group is a problematic. This research aims to deepen and study these aspects in the Acoustic perspective.

Noise can be disturbing and may cause workers discomfort, in general, and for the development of their work activities, in particular, especially in open-space typology. It brings consequences at concentration level, intelligibility between workers, low work productivity and this is reflected both at professional level work performance and in workers healthy. In a workplace where the noise is disturbing and communication is disrupting, acoustic needs to be improved.

Through practical application, which comprises surveys and measures in situ, it was tried to understand this problematic. Survey data processing supports this problematic study. Developed study and designed methodology to support the research predicts that a part of development set of measurements should exist for future correlation with qualitative analysis component. Noise level measures in studied enterprises strengthen the idea that noise is the major problem in open-space. How to mitigate it, how to apply controlling and adjustment measures, workplaces rehabilitation or needed orientations to be taken into account to archive acoustic comfort are identified actions that might be defined and promoted according to the developed methodology in this research.

Finally, it's supported the problematic mentioned in the present study. In fact, noise is the main reported problem in open plan offices, where a major concern treating these spaces should exist.

Keywords: Acoustics, Open-space, Noise, Intelligibility, Speech privacy.

Índice de conteúdos

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	3
1.4. Estrutura da dissertação	4
2. ESTADO DO CONHECIMENTO	5
2.1. Acústica	5
2.2. Som e Ruído	5
2.3. Sistema auditivo	6
2.4. Incómodos e consequências do ruído	8
2.5. Conceitos	9
2.6. Acústica exterior	12
2.7. Acústica de edifícios	13
2.8. Acústica arquitetónica	19
2.9. Reabilitação acústica	20
2.10. Instrumentação	21
2.11. Legislação	22
3. A ACÚSTICA DE OPEN-SPACE	25
3.1. Tipologia do espaço	25
3.2. Conceitos essenciais	26
3.3. Estudos e modelos existentes	27
3.4. Metodologia de aplicação prática	29
4. APLICAÇÃO PRÁTICA	33
4.1. Análise Qualitativa – Inquéritos	33
4.1.1. Elaboração e estruturação do Inquérito	33
4.1.2. Colaboração no Inquérito	34
4.1.3. Tratamento de dados	34
4.2. Análise Quantitativa – Casos de estudo	39
4.2.1. Apresentação dos casos de estudo	39
4.2.2. Caracterização dos casos de estudo	40
4.2.3. Descrição dos <i>open-space</i> das empresas caso de estudo	41
4.2.4. Medição dos níveis de pressão sonora	42
4.2.5. Tratamento de dados - Medições dos níveis de pressão sonora	43
4.2.6. Avaliação da Inteligibilidade (RASTI)	45
4.2.7. Inquéritos presenciais nas empresas caso de estudo	46

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	49
5.1. Análise Qualitativa	49
5.2. Análise Quantitativa	50
5.3. Correlação entre análise qualitativa e análise quantitativa	51
6. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	53
6.1. Conclusões	53
6.2. Desenvolvimentos futuros	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	57
ANEXO I – Inquérito Geral	57
ANEXO II – Inquérito Geral - Gráficos	65
ANEXO III – Empresas caso de estudo - Esquema representativo das plantas dos <i>open-space</i> ...	83
ANEXO IV – Fotografias – Empresa A	85
ANEXO V – Fotografias – Empresa B	87
ANEXO VI – Fotografias – Empresa C	89
ANEXO VII – Medições – Folha de registos Empresa A	91
ANEXO VIII – Medições – Folha de registos Empresa B	93
ANEXO IX – Medições – Folha de registos Empresa C	95
ANEXO X – Medições – Gráficos Empresa A	97
ANEXO XI – Medições – Gráficos Empresa B	103
ANEXO XII – Medições – Gráficos Empresa C	109
ANEXO XIII – RASTI – Empresa A	115
ANEXO XIV – RASTI – Empresa B	121
ANEXO XV – RASTI – Empresa C	127
ANEXO XVI – Inquérito caso de estudo – Gráficos Empresa A	131
ANEXO XVII – Inquérito caso de estudo – Gráficos Empresa B	141
ANEXO XVIII – Inquérito caso de estudo – Gráficos Empresa C	151

Índice de figuras

Figura 2.1 – Variação da pressão sonora ao longo do tempo (Fonte: (Simões, 2014))	6
Figura 2.2 – Zona audível indicado por intervalo de frequências e comprimento de onda (Fonte: (Simões, 2014))	6
Figura 2.3 – Ilustração do ouvido, em corte, com representação dos vários componentes internos (Fonte: Patrício, 2010).....	7
Figura 2.4 – Valores do campo sonoro recomendados (Fonte: (Patrício, 2014)).....	16
Figura 2.5 – Influência qualitativa dos sons aéreos e sons de percussão.....	18
Figura 2.6 – Sonómetro integrador	22
Figura 4.4.1 – Gráfico síntese da questão de resposta aberta número 20 do inquérito geral (%)	38
Figura 4.4.2 – Fotografia ilustrativa do open-space da Empresa A.....	39
Figura 4.4.3 - Fotografia ilustrativa do open-space da Empresa B.....	40
Figura 4.4.4 - Fotografia ilustrativa do open-space da Empresa C	40
Figura 4.4.5 – Manual do sonómetro integrador utilizado nos ensaios in situ	43
Figura 4.4.6 – Modelo do sonómetro integrador utilizados nos ensaios in situ	43
Figura 4.4.7 – Calibrador utilizado na calibração do sonómetro integrador dos ensaios in situ.....	43
Figura 4.8 – Exemplo de um nomograma	44

Índice de quadros

Quadro 2-1: Frequências de modulação para as cada uma das frequências essenciais para a inteligibilidade da palavra, 5000 Hz e 2000 Hz	15
Quadro 2-2: Relação qualificada dos valores de RASTI.....	15
Quadro 4-1: Inquérito geral – Validação das respostas consoante a premissa e comparação percentual com o número total de respostas contabilizadas	34
Quadro 4-2: Inquérito Geral – Hipótese de resposta relativa a vantagens (Questão 13).....	36
Quadro 4-3: Inquérito Geral – Hipótese de resposta relativa a desvantagens (Questão 14)	36
Quadro 4-4: Síntese dos motivos apresentados na questão de resposta aberta número 20 do inquérito geral.....	37
Quadro 4-5: Caracterização das empresas caso de estudo – Relação entre o número de trabalhadores do open-space e o número de inquiridos.....	41
Quadro 4-6: Parâmetro RASTI calculado e respetiva classificação	45

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

ABREVIATURAS E SIGLAS

DEC - Departamento de Engenharia Civil;
EN - Norma Europeia
FCT - Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL;
FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;
IPQ - Instituto Português da Qualidade
ISO - International Organization for Standardization
IST - Instituto Superior Técnico;
LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil
NC – *Noise Comfort*
NP - Norma Portuguesa
RASTI – *Rapid Transmission Index*
RGR - Regulamento Geral do Ruído
RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios
UNL - Universidade Nova de Lisboa.

SÍMBOLOS

A – Área em planta [m^2]
 $A_{\text{mobiliário}}$ – Área do mobiliário [m^2]
 A_{total} – Atenuação total (no percurso emissor-recetor) [dB]
 A_{α} – Área de absorção sonora equivalente [m^2]
c – Celeridade [m/s]
dB – Decibel
dB(A) – Decibel com ponderação da malha A
 $E_{\text{absorvida}}$ – Energia sonora absorvida pelo material [J]
 $E_{\text{incidente}}$ – Energia sonora incidente sobre o material [J]
f – Frequência [Hz]
 F_0 – Frequência central [Hz]
 f_0 – Frequência central da banda [Hz]
 F_m – Frequência de modulação [Hz]
Hz – Hertz
I – Intensidade sonora [W/m^2]
 L_{eq} - Nível sonoro contínuo equivalente [dB(A)]
 L_p – Nível de pressão sonora (no recetor) [dB]

L_p – Nível de pressão sonora [dB]
 L_w – Nível de potência sonora (do emissor) [dB]
 m – Índice de modulação
 p – Pressão sonora [Pa]
 P_0 - Pressão atmosférica [Pa]
 r – Distância entre emissor e recetor [m]
 S_i – Área da superfície [m²]
 $S/N_{(ap)}$ – Relação sinal/ruído aparente
 $S/N(F_0)$ – Relação sinal/ruído para a frequência F_0
 T - Período [s]
 t – Tempo [s]
 Tr - Tempo de reverberação [s]
 V - Volume [m³]
 W – Potência sonora [W]
 α – Coeficiente de absorção sonora (adimensional)
 α_i – Coeficiente de absorção sonora do elemento construtivo
 λ - Comprimento de onda [m]
 ρ – Massa volúmica do ar [kg/m³]

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

A temática da acústica é bastante complexa, mas muito importante para o ouvido humano. Determina comportamentos e influencia sensações no Homem e, em algumas situações, origina problemas na própria saúde humana. Os efeitos do ruído são em alguns casos desprezados, mas a longo prazo e a partir de determinada idade, tem reflexos na qualidade da audição, ou falta dela, situação que se pode transformar num problema para o desempenho de algumas atividades. Nos dias de hoje, a qualidade acústica é uma exigência de habitabilidade, normalmente desprezada por quem não convive com o ruído, mas incomodativa para quem a ele está exposto, no trabalho, ou em locais com ambientes sem conforto acústico.

Para algumas pessoas, um som pode ser agradável, mas para outras, o mesmo som, pode ser entendido como ruído. Neste contexto assume-se que se entenda por ruído todo o som que é desagradável ao ouvido humano.

Não é de fácil medição nem consensual a distinção ou diferenciação entre som e ruído. No entanto, a sensação de “barulho” ou de uma boa música que fica no ouvido, são percecionadas por todo o ouvido dos seres humanos, mesmo que seja de modos ou em graus diferentes.

Todas as pessoas que trabalham sentem desconforto ou satisfação em relação a certos aspetos do seu local de trabalho. Concretamente, funcionários que trabalham numa sala comum com outros colegas também o sentem; é uma realidade. Existem também fatores pessoais, sociais e culturais, entre outros, que, tal como em todos os espaços laborais, interferem no modo como se convive nesses espaços. Contudo, o ruído é determinante quando se agrupam pessoas e estas têm de desenvolver atividades diferenciadas em simultâneo. Assim, a qualidade acústica torna-se assim um fator determinante nos locais de trabalho.

O ruído e a falta de privacidade em salas de trabalho com tipologia *open-space*, constituem algumas das queixas conhecidas, que em certos casos se tornam bastante recorrentes. É desta realidade não estudada que nasce a intenção e interesse da investigação proposta, a qual se focaliza em torno de um ramo de estudo da inteligibilidade da palavra na temática da Acústica.

A definição de *open-space* no contexto do projeto desta investigação constitui-se, sucintamente, numa sala de trabalho comum a vários trabalhadores, sem barreiras físicas entre estes, em que os funcionários estão agrupados ou individualizados por mesas. A definição não abrange a tipologia de “*call center*” dado estes últimos espaços terem mobiliário compartimentado e requererem o uso de equipamento no qual o discurso entre trabalhadores são feitos com base em microfone e a receção por auriculares, daí que não é de interesse (nem objetivo) incluir neste estudo esta tipologia de espaço no presente trabalho.

Da pesquisa realizada, e da ausência de estudos, medições dos níveis de pressão sonora e análises sobre o uso e avaliação de utilização de desempenho direcionados especificamente para o estudo da qualidade acústica, é notório que a utilização destes espaços de *open-space* não tem sido objeto da melhor forma de tratamento. Analogamente não tem sido considerada a questão do conforto auditivo como um problema para o trabalhador, ou como fator com influência na qualidade do seu desempenho profissional nesse espaço.

Ao longo dos últimos anos tem sido visível a melhoria no tratamento e operação de alguns destes espaços devido à redução de problemas na saúde dos trabalhadores, o que tem conduzido a que seja posta em causa o formato da tipologia deste tipo de espaço para trabalho (Estados Unidos da América; país de origem deste formato). Hoje em dia, já há alguma sensibilidade para estas questões, mas nem sempre se adequa, ou se sabe tratar o problema que estes espaços geram e detêm. Há medidas que se têm aplicado apenas no sentido de modernizar ou reabilitar os espaços sem, contudo, tratar de resolver o problema real (o qual, por vezes e à partida, não é visto como um problema nem pensado como tal). Mas o certo é que a falta de conforto acústico afeta a produtividade, a concentração e bem-estar do funcionário.

A falta de informação acerca desta tipologia de espaço e a adoção da mesma por parte das empresas no país é crescente. O formato expandiu-se por todo o mundo. Daí, impõe-se a questão da investigação: "Será de facto a qualidade acústica o ponto crucial e determinante destes espaços?", resulta numa preocupação que de algum modo considera já que há uma necessidade de estudar esta temática em torno do ruído, em particular numa tipologia de espaço.

1.2. Objetivos

O presente trabalho de investigação tem como objetivo principal avaliar e estudar a qualidade acústica de salas de trabalho com tipologia *open-space*.

De modo a atingir este objetivo foi necessário perceber como o trabalhador se sente em relação ao ruído ambiente no seu local de trabalho, tendo-se, para o efeito, utilizado a ferramenta "inquérito". Com esta "ferramenta" pretendeu-se conhecer os aspetos negativos e positivos mais apontados; se há influência do género e idade na forma como percebem o ruído; se de facto a "sensação de barulho" é o maior dos seus problemas ou se existem outros com o mesmo grau de importância, ou até se o ruído não é um problema para os próprios. Incluído no mesmo inquérito, adaptando a linguagem de forma a ser compreensível e a fornecerem a informação pretendida, pede-se aos inquiridos que tenham atenção ao seu espaço, à forma e aos materiais existentes no seu local de trabalho.

O tratamento destes inquéritos permitiu correlacionar as conclusões com uma segunda etapa investigativa. Esta consistiu no estudo de casos concretos, em funcionamento, tornando-se assim possível a obtenção de dados objetivos e experimentais que tornaram mais sólida a análise a desenvolver.

A geometria das salas de trabalho, os materiais utilizados nas mesmas e a disposição das mesas de trabalho foram critérios relevantes e contabilizados para alcançar o objetivo pretendido no trabalho.

Interpretando e correlacionando a realidade qualitativa de sensação *versus* quantificação das medições da temática em estudo, é possível obter conclusões que possibilite responder à questão de investigação. Pretende-se assim, obter um nível de conclusões que comprovem se existe ou não ruído, qual o seu nível e o grau de incómodo, bem ainda, se é notório que as Entidades estão atentas ao problema em relação ao tratamento do espaço físico como local de trabalho.

1.3. Metodologia

O projeto de investigação comporta várias fases totalmente distintas entre si, mas interdependentes no conjunto. Primeiramente, procedeu-se ao entendimento dos conceitos fundamentais da acústica para conhecimento geral da temática. Dentro desses, identificaram-se quais os conceitos com aplicabilidade direta ao estudo que se pretende fazer no presente trabalho.

Com uma fase de inquéritos *online*, aplicada a funcionários em geral, a nível nacional, e que se encontram a trabalhar nesta tipologia de espaço, visou-se compreender e avaliar um conjunto diverso de parâmetros. Os mesmos inquéritos, mas aplicados em modo presencial, foram efetuados nas empresas consideradas como casos de estudo e que foram alvo de medições acústicas. Desta forma, conseguiu-se o cruzamento de dados de perceção a os resultados das diferentes medições, e ainda alcançar um “entendimento” de como os indivíduos percecionam o ruído nesse espaço.

O estudo de casos reais de empresas (casos de estudo) é outra das etapas a percorrer de forma a estudar e comparar diferentes tipologias de *open-space* existentes, que sejam reais e distintas. A tipologia das empresas e número de trabalhadores presentes nas campanhas de medição foram também elementos registados, visto serem parte integrante na validação do problema e fatores diferenciadores de caso para caso. Avaliar o comportamento acústico nesses locais, com as suas próprias características e formas, com recurso a medições dos níveis de pressão sonora, significa avaliar os níveis de ruído da sala. Aspetos a acrescentar às medições foram a geometria, os materiais e a disposição das mesas de trabalho; que interferem diretamente com a propagação do som, sendo relevantes para o estudo completo do comportamento da sala em concreto, assim como o número trabalhadores presentes nos dias das campanhas de medições.

Desta forma, e com vista a verificar a existência ou não do problema objeto do estudo, foram sistematizados os resultados sobre o tema da investigação através de uma metodologia de aplicação prática e da implementação da mesma. Com as conclusões das diferentes etapas, a sua correlação na problemática foi possível propor orientações, medidas de melhoria, modos de controlo ou de atuação na tipologia *open-space* abordado no contexto do presente projeto de investigação.

1.4. Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em sete capítulos, referências bibliográficas e anexos que suportam o trabalho realizado.

Primeiramente é apresentado um capítulo introdutório relativamente ao que a investigação irá tratar, e onde é formulada a questão de investigação, denominado “Introdução”. Seguindo-se depois os objetivos que são pretendidos com o presente projeto, a metodologia de trabalho e como este foi organizado. Este capítulo está subdividido em “Enquadramento”, “Objetivos”, “Metodologia” e “Estrutura da dissertação”.

No segundo capítulo, “Estado do conhecimento”, insere-se o enquadramento teórico sobre a Acústica. Através de uma abordagem geral sobre o tema referindo vários ramos da área em estudo.

Em terceiro lugar é discutida “A Acústica de *open-space*” no qual se enfatiza a importância da acústica no tipo de espaço em estudo, os conceitos essenciais e os estudos e modelos existentes com vista à avaliação do seu nível de desempenho. Apresenta-se ainda, a “Metodologia de aplicação prática”, destinada a apresentar o método construído para obter todos os parâmetros necessários, retirar as suas conclusões e correlacionar diferentes análises. A partir deste “caminho”, criado e figurado num esquema, entende-se como se pode responder à questão de investigação tendo diferentes etapas distintas, mas interdependentes.

No quarto capítulo, “Aplicação prática”, são apresentadas as duas análises utilizadas no desenvolvimento do trabalho de forma distinta e independente: “Análise Qualitativa – Inquéritos” e “Análise quantitativa – Casos de Estudo”.

Sucedem-se a “Discussão de resultados” que pretende fazer a síntese da aplicação prática, que se subdivide em observações sobre cada uma das análises e uma outra alusiva à correlação das duas análises.

Por último, o capítulo “Conclusões e Desenvolvimentos Futuros” destina-se a extrair as conclusões do estudo realizado, responder à questão de investigação e apresentar sugestões para possíveis trabalhos futuros. Este capítulo subdivide-se em “Conclusões” e “Desenvolvimentos Futuros”.

2. ESTADO DO CONHECIMENTO

2.1. Acústica

Acústica é um ramo da Física onde se analisa e estuda as ondas sonoras podendo também ser entendida como o estudo de sons e ruídos do ponto de vista de três domínios, pressão, frequência e tempo (Oliveira de Carvalho, 2015). Outra visão, é que a Acústica é a ciência que estuda o som, a sua propagação em qualquer meio, e as suas correlações com o ser humano numa perspectiva de agradabilidade, ou não, ou ouvido (Patrício, 2010).

O termo “acústica” aparece na história em 1623, em latim e traduzido para inglês em 1640, sendo apenas em 1784 que a mesma expressão é utilizada em português. O primeiro sonómetro aparece em 1908, por invenção de George W. Pierce (EUA) (Oliveira de Carvalho, 2015).

Nos dias de hoje, o ruído ganha importância nas sociedades. A qualidade acústica é uma realidade havendo uma crescente preocupação com esta questão, visto estar implícito o bem estar físico e psíquico dos cidadãos (Patrício, 2010).

2.2. Som e Ruído

Som e ruído não são de todo sinónimos. Pode afirmar-se que os termos som e ruído são aplicados consoante o estímulo associado é agradável, ou não ao ouvido humano. Assim pode considerar-se “som” como o que é agradável ao ouvido e “ruído” tudo o que se torna desagradável ou indesejável ao ouvinte, e sem conteúdo informativo.

Segundo Samir Gerges, ruído é um tipo de som, mas o contrário não é necessariamente verdade. Nem todo o som é ruído. Contudo, esta distinção é subjetiva, uma vez que, uma pessoa a tocar música, através de uma fonte mecânica, para uns é considerado som e para outro torna-se incomodativo (Simões, 2014).

O ruído não depende só da amplitude, frequência e duração, mas também da perceção do ser humano (Patrício, 2010).

O som é uma sensação provocada no cérebro devida à captação, pelo sistema auditivo, de alterações de pressão que se propagam no meio elástico, seja esse o ar, a água, os materiais de construção ou outros. A propagação do som consiste em ondas de compressão seguidas de dilatação ou rarefação. (Oliveira de Carvalho, 2015). O som é assim caracterizado por flutuações de pressão num meio compressível (Gerges, 2000).

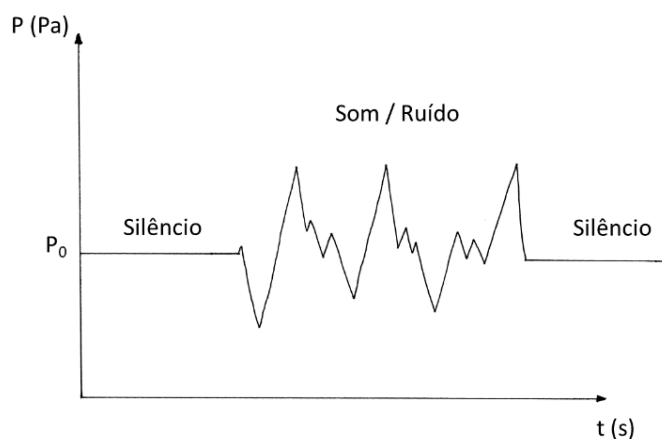


Figura 2.1 – Variação da pressão sonora ao longo do tempo (Fonte: (Simões, 2014))

O som só é detetado pelo ouvido humano numa determinada faixa de frequências, correspondendo a flutuações de pressão (audíveis) que se encontram entre o limiar da audição e o limiar da dor. Teoricamente o som propaga-se por meio de ondas esféricas concêntricas a partir de uma fonte pontual, o ponto onde a pressão se altera. Idealmente e num meio homogênea e isotrópico, mas pode haver interferências pela presença de obstáculos ou por uma não uniformidade do meio que podem tornar a análise não tão simples de estudar.

2.3. Sistema auditivo

A ciência acústica não faria sentido se não existisse um sistema auditivo. Todos nós temos uma percepção do som diferente. O que para uns é som para outros é ruído (Oliveira de Carvalho, 2015). O ouvido é o órgão do corpo humano que permite perceber um dos seis sentidos, a audição. É sensível, delicado e complexo. A sua principal função é ouvir e entender a conversa humana (Gerges, 2000).

“O ouvido humano é o mais sofisticado sensor de som.” (Gerges, 2000)

Só o ser vivo tem a capacidade de ouvir. As variações de pressão entendidas pelo ouvido humano encontram-se em média entre os 20 Hz e ou 20 kHz.

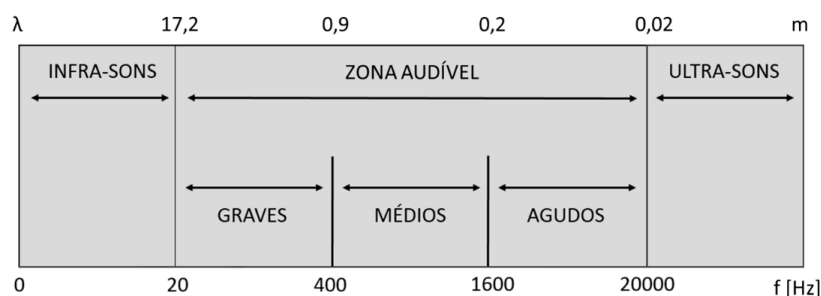


Figura 2.2 – Zona audível indicado por intervalo de frequências e comprimento de onda (Fonte: (Simões, 2014))

O ouvido humano é constituído por três partes importantes (conforme ilustração na figura 2.1):

- Ouvido externo (pavilhão da orelha, canal auditivo e tímpano);
- Ouvido médio (ossículos: martelo, bigorna e estribo);
- Ouvido interno (cóclea).

O ouvido externo é o responsável pela captação das ondas sonoras e encaminha-as, através do canal auditivo, para o tímpano que entra em vibração. Os ossículos do ouvido médio funcionam como amplificadores de modo a permitir que as ondas sonoras passem do meio aéreo para o líquido no interior da cóclea (ouvido interno), que detém um líquido denominado perilinfa. É na cóclea que se dá a transformação da vibração em informação neural para o cérebro. É de referir que o ouvido médio está interligado com a garganta através da trompa de Eustáquio de forma a equilibrar a pressão do ar.

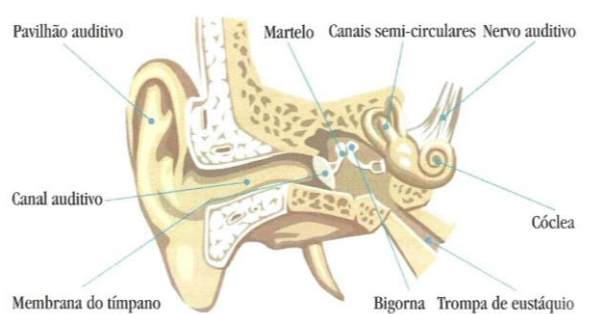


Figura 2.3 – Ilustração do ouvido, em corte, com representação dos vários componentes internos (Fonte: Patrício, 2010)

As perdas auditivas acontecem por danos irreversíveis de parte do ouvido. Tendo origem numa obstrução mecânica entre o ouvido externo e médio, ou por degradação do ouvido interno, das células ciliadas da cóclea ou também do nervo auditivo que faz a ligação ao cérebro. A degradação da audição pode dar-se para altas ou baixas frequências ou simplesmente pode ser constante ao longo da gama de frequências. Há diversas causas que podem originar esta degradação do ouvido, perda de audição ou até mesmo a surdez.

A perda de audição não é logo detetável e perceptível. Apenas se torna evidente quando atinge frequências do suposto conforto para o ouvido humano. As perdas de audição podem ser representadas esquematicamente e através de determinados exames médicos, como o audiograma, por exemplo.

2.4. Incómodos e consequências do ruído

O ruído pode ser perturbador e causar incómodo não só físico, mas também psicológico e social. As consequências deste incómodo podem variar de pessoa para pessoa. Cada indivíduo sente maior ou menor desconforto provocado pelo ruído dependendo da sua sensibilidade, características próprias e situações a que pode estar sujeito no seu dia-a-dia. Nos dias de hoje o conforto acústico é uma exigência não só de habitabilidade, mas também laboral. Este pode ser simplesmente caracterizado pela ausência de ruído, qualidade e níveis adequados de som e possibilidade de realizar atividades sem perturbar terceiros (Silva, 2014). A qualidade acústica é fundamental para o equilíbrio psicofisiológico dos indivíduos, com reflexos evidentes no modo e expectativa de vida dos cidadãos (Patrício, 2014).

Para a maioria da população, a exposição a níveis de pressão sonora abaixo dos 80 dB não causa problemas na sensação e interpretação do som (Gerges, 2000). De acordo com as estatísticas, a pressão diferencial máxima que o tímpano pode suportar são 130 dB para que não surjam lesões físicas permanentes (Patrício, 2010). Importa ainda referir que a sensibilidade do ouvido é variável e não linear ao longo da gama de frequências audíveis. Para os autores Oliveira Carvalho e Samir Gerges, algumas consequências provocadas pelo ruído no ser humano são:

- Zumbido nos ouvidos;
- Ansiedade e estresse;
- Problemas de sono;
- Contração dos vasos sanguíneos;
- Aumento da pressão sanguínea;
- Aumento do ritmo e batimento cardíaco;
- Contração muscular;
- Contração do estômago e abdómen.

Nas habitações é recorrente a falta de conforto acústico, sendo tal uma queixa conhecida. Mas importa também usufruir desse tipo de conforto durante o período laboral nas suas múltiplas atividades. Nos locais de trabalho as perturbações com a falta de qualidade acústica podem ser significativas, exemplificando-se as seguintes:

- Dificuldades de comunicação;
- Menor concentração;
- Desconforto;
- Fadiga;
- Ansiedade.

Tais perturbações podem conduzir a uma baixa produtividade e aumento do risco de acidentes, chegando mesmo a afetar o estado emocional e mental dos trabalhadores. Para diminuir os efeitos decorrentes de má qualidade acústica é necessário implementar medidas adequadas ao espaço em causa, as quais podem situar-se na fonte, no percurso e no recetor. Para atenuar o ruído emitido por

uma fonte sonora pode recorrer-se à utilização de silenciadores, de atenuadores de som ou enclausurar a fonte. No trajeto/percurso das ondas sonoras, e para diminuir a sua amplitude na propagação, pode-se proporcionar uma envolvente com absorção. Aproveitar o mobiliário presente nas salas como atenuadores ou absorsores pode ser uma hipótese a estudar e implementar (Sarwono, Rachman, Rofiatun, & Azzahra, 2014). Ao nível do recetor, pode-se usar proteções físicas com protetores de ouvido, ou recorrer ao isolamento com cabines de controlo de insonorização (Oliveira de Carvalho, 2015).

A função de cada espaço laboral é importante para que se adote medidas que equilibrem o funcionamento do mesmo, o conforto do trabalhador e os custos associados (Upritz, 1998). A título de exemplo, uma indústria com máquinas a produzirem elevados níveis de pressão sonora ou uma sala de computadores ou um escritório com tipologia *open-space* não podem ser tratados da mesma forma, porque cada um tem as suas próprias características. Por isso, requerem e necessitam de diferentes tipos de isolamentos, proteções e envolventes, como distintos espaços que são.

2.5. Conceitos

O som propaga-se nos diferentes meios. O som propaga-se no ar sob a forma de ondas esféricas concêntricas a partir de um foco. A fonte encontra-se no centro, para um exemplo simplificado, e é nesse ponto que ocorre uma alteração de pressão atmosférica. A referência para a deteção da variação de pressão, é a pressão atmosférica normal. Há silêncio quando não há variação de pressão, ou seja, quando a pressão atmosférica é constante.

A vibração provocada pela alteração de pressão, aquando do processo de propagação, tem como consequência a criação de zonas de compressão e de rarefação do meio de propagação. Assim, um estímulo sonoro que percorre o caminho até ou ouvido entre vibrações. Quando essa vibração atinge o ouvido, gera-se um estímulo, que é emitido ao cérebro, ao qual este depois responde.

O modo de propagação das ondas sonoras esféricas e concêntricas, não existe na realidade. Só num meio perfeito, onde não houvesse dissipação ou reflexões, é que este modelo se poderia aplicar.

A celeridade de propagação do som está relacionada com a pressão e a temperatura do ar. Esta advém da lei geral de propagação das ondas onde o meio é considerado homogéneo, isotrópico, sem viscosidade e em repouso. Alterando-se o meio de propagação, altera-se o valor da velocidade. E o mesmo acontece de material para material, na medida em podem ser meios diferentes.

A intensidade e potência sonoras são conceitos importantes no campo da acústica. A intensidade é a quantidade média de energia, numa dada direção, que atravessa por segundo uma área de um metro quadrado (Oliveira de Carvalho, 2015). A potência sonora é uma característica da fonte sonora, e não tem relação com o estímulo sonoro que esta produz.

É possível relacionar a intensidade sonora, potência sonora e pressão sonora num determinado ponto, com base na expressão:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho \cdot c}$$

Sendo,

I – Intensidade sonora (W/m^2);

W – Potência sonora (W);

r – Distância entre emissor e recetor (m);

p – Pressão sonora (Pa);

ρ – Massa volúmica (ar) $\approx 1.2 \text{ kg/m}^3$;

c – Celeridade (m/s) $\approx 340 \text{ m/s}$.

A audibilidade humana no domínio da pressão sonora situa-se na amplitude da gama de 10^7 Pascal, sendo o limiar da audição, para um ser humano jovem, de 10^{-5} Pascal e, o extremo em que o ruído passa a dor, (limiar da dor), é de cerca de 100 Pa ((Oliveira de Carvalho, 2015).

O ouvido responde de forma logarítmica aos estímulos sonoros. A unidade de medida da pressão sonora é o decibel., em homenagem ao cientista Alexander Graham Bell. É uma medida que não tem uma variação linear sendo que o decibel constitui uma “adaptação” não se torna possível efetuar somas de valores em dB.

A conversão de pressões (p) para níveis de pressão sonora (Lp) é desenvolvida com base na seguinte equação:

$$Lp = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

Sendo,

Lp – Nível de pressão sonora (dB);

p – Pressão (Pa);

p_0 - Pressão sonora de referência (Pa) $\approx 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$.

A definição de nível sonoro, pretende traduzir, sob a forma de um valor único, o entendimento da pressão sonora sentida pelo ouvido humano, representa por uma malha de ponderação A, a que corresponde à integração do valor corrigido em termos de energia, o valor é dado por esse cálculo (Patrício, 2010).

O nível de pressão sonora equivalente pode ser obtido através:

$$Leq = 10 \log_{10} \frac{1}{t} \int_t 10^{0,1 * Lp(t)} dt$$

Sendo,

L_{eq} - Nível sonoro contínuo equivalente [dB(A)]

L_p - Nível de pressão sonora [dB]

t - Tempo [s]

As fontes sonoras, em geral, não são omnidirecionais, isto é, não emitem a mesma energia em todas as direções. Não são uma esfera de radiação perfeita, como seria ideal.

A frequência é o domínio com mais importância depois da pressão sonora. O emissor pode ser caracterizado pelas frequências que emite. As baixas frequências correspondem a sons graves e as altas frequências a sons agudos. A frequência é expressa em *hertz* (Hz), em honra do físico alemão Heinrich Hertz. A unidade de medida, Hz, traduz o número de repetições do fenómeno, em cada segundo, isto é, o número de ciclos completos por segundo.

Em acústica de edifícios é normal distinguirem-se três gamas específicas de frequências:

- Frequências graves: 20 a 355 Hz;
- Frequências médias: 355 a 1410 Hz;
- Frequências agudas: 1410 a 20000 Hz.

Os seres humanos ouvem, nas condições de jovem e de audição normal, frequências situadas aproximadamente entre 20 Hz e 20 kHz. Os sons de frequências inferiores são denominados como infrassons e os sons de frequências superiores designam-se por ultrassons (Oliveira de Carvalho, 2015). Os seres humanos não são capazes de distinguir sons com pequenas diferenças de frequência.

O som pode ser puro ou complexo. Na realidade todos os sons percebidos pelo Homem no seu dia-a-dia são complexos. O som puro, é o som com que mantém a mesma frequência e completa ciclos perfeitos repetidamente no tempo, são regulares. Um oscilograma traduz a pressão em função do tempo do som.

O período é o inverso da frequência e expressa-se em segundos, e corresponde ao tempo que se demora a perfazer um ciclo completo. Tratando-se duma razão inversa, quanto maior a frequência, menor o período.

O espectro sonoro relaciona os níveis de pressão sonora com as frequências. Deve, assim, efetuar-se a caracterização do som analisando os parâmetros pressão e frequência.

Bandas de frequência trata-se de ruídos agrupados por frequências em intervalos normalizados. São caracterizadas por um limite superior, um valor central (frequência central) e um limite inferior. A largura da banda é dada pela diferença entre o limite superior e inferior. Habitualmente são utilizadas, no âmbito da acústica de edifícios, cinco bandas de oitava, centradas entre 125 Hz e 2 kHz. Em locais de trabalho, as análises correspondentes, estende-se entre 63 Hz e 8 kHz.

O comprimento de onda é outro parâmetro caracterizador das ondas sonoras. O comportamento da onda perante obstáculos está relacionado com o comprimento da mesma. A unidade de medida é o metro (m) e corresponde à distância entre dois pontos consecutivos, na mesma fase de vibração. As barreiras sonoras são obstáculos à propagação das ondas sonoras, sendo úteis em zonas onde se pretende minorar a propagação das ondas sonoras, e de algum modo melhorar o conforto acústico na receção. A zona de sombra acontece quando o comprimento da onda é em muito inferior à dimensão do obstáculo que impede a trajetória da sua normal propagação.

2.6. Acústica exterior

Na área da Acústica é necessário compreender como se desenvolve o fenómeno que possibilita medir a intensidade e a pressão que correspondem à acústica no contexto do ambiente onde se insere. A acústica no exterior é analisada e avaliada de modo diferente comparativamente à acústica de edifícios, apesar de existir uma inter-relação entre os aspetos acústico no exterior e no interior das edificações, daí ser indispensável ter-se bem presente os conceitos das duas vertentes. A acústica exterior é um fator fundamental no contexto da análise do ambiente global (Patrício, 2014).

A propagação do som ao ar livre é influenciada por diversos fatores, muitos dos quais contribuem para a sua atenuação. Em qualquer ponto, o nível de pressão sonora num recetor é consequência direta do nível de potência sonora (na fonte emissora) e da atenuação total verificada ao longo de todo o percurso da onda sonora entre o emissor e esse recetor.

$$L_p = L_w - A_{total} \text{ (dB)}$$

Sendo,

L_p – Nível de pressão sonora (no recetor);

L_w – Nível de potência sonora (do emissor);

A_{total} – Atenuação total (no percurso emissor-recetor) (dB).

Sendo o ambiente exterior um meio muito heterogéneo, a atenuação acontece devido a vários fatores que funcionam como um conjunto ou estar associada a alguns deles, como o ar, à absorção

pelo solo, vento, chuva etc. As condições meteorológicas e climáticas afetam diretamente a propagação do som, sendo difícil de prever os seus efeitos como atenuadores.

A forma como o som se propaga ou é atenuado no exterior ou no interior são distintas. E as fontes de ruído são também as mais distintas. Existem medidas possíveis de aplicar para minimizar o ruído exterior provocado por veículos ou pelo tráfego, sejam eles quais forem. Alguns exemplos são: a alteração do pavimento, a implementação de barreiras acústicas, as medidas de controlo de tráfego ou o aumento do isolamento acústico dos edifícios e habitações. Particularmente, aquando de edifícios sobre linhas de metro subterrâneas há a possibilidade de reduzir a fonte sonora recorrendo a ventilação por exemplo ou tratamento das superfícies da envolvente à fonte com o aumento da absorção sonora ou correção da geometria a título de exemplo. É uma situação de um ruído exterior que produz um impacto no ruído interior de um edifício. Existem muitas empresas, que devido à sua localização nos centros urbanos, como o caso daquelas que se localizam sobre linhas de metro subterrâneas.

O ruído que advém da passagem de aviões (tráfego aéreo) não tem grande controlo ou solução para ser minimizado, para além das ações na fonte (aviões mais silenciosos). O tráfego naval é outro aspeto a contabilizar em zonas situadas na proximidade à zona costeira. No que respeita aos edifícios situados nestas zonas o importante é assegurar um bom isolamento acústico. Contudo, poderá haver medidas a aplicar ao nível da proximidade do tráfego naval à costa, mas que não dependem de uma pessoa singular ou mesmo de uma empresa.

Muito recorrentes e incontornáveis, em termos de ruído, são as obras de construção. Sejam elas de que tipo for, trazem desconforto ao nível de ruído produzido, tanto em edifícios de habitação como empresariais. Tornam-se uma verdadeira “dor de cabeça” na maioria das vezes, sendo um desconforto para o ser humano, a muitos níveis e com efeitos evidentes. Pode reforçar-se o isolamento sonoro com algumas barreiras acústicas móveis. No entanto estas obras são situações temporárias, e não são possíveis de evitar, o que pode facilitar ou diminuir os incómodos delas derivado. Cabe aos responsáveis da obra respeitarem a legislação ao nível de horários, procedimentos de limpeza, entre outros aspetos que estão implícitos a uma obra, para minimizar os efeitos da mesma.

2.7. Acústica de edifícios

A acústica de edifícios é uma componente importante para a qualidade, com interferência direta no conforto do ser humano. A falta de conforto em espaços fechados é facilmente detetável e as exigências de uma boa acústica interior, seja ou não em habitação, são uma preocupação. É considerada assim uma exigência de habitabilidade.

É através da absorção sonora, propriedade que determinados materiais possuem, que a energia sonora que neles incide se transforma, normalmente, em energia térmica. A absorção sonora é fundamental na maioria dos ambientes fechados.

Denomina-se coeficiente de absorção sonora à relação entre a quantidade de energia sonora que é absorvida por em determinado material e a energia que incide sobre o mesmo.

$$\alpha = \frac{E_{\text{absorvida}}}{E_{\text{incidente}}}$$

Sendo,

α – Coeficiente de absorção sonora (adimensional)

$E_{\text{absorvida}}$ – Energia sonora absorvida pelo material (J)

$E_{\text{incidente}}$ – Energia sonora incidente sobre o material (J)

O valor do coeficiente de absorção sonora varia entre 0 e 1. Um material muito refletor tem um coeficiente próximo de zero. Enquanto uma janela aberta tem um coeficiente igual à unidade (exclui-se algumas bandas de frequências), não absorve nada, “deixando passar o som todo”. Um material só é considerado absorvente quando o seu coeficiente de absorção sonora é superior a 0,5. O valor do coeficiente de absorção varia com o ângulo de incidência e com a frequência do som incidente. Este coeficiente pode ser determinado através do método do tubo de ondas estacionárias (ou tubo de *Kundt*), para incidência normal, ou pelo método da câmara reverberante (Oliveira de Carvalho, 2015), para incidência aleatória.

As ondas sonoras podem ser diretas ou refletidas. De origem direta significa que o recetor “recebe” a onda sonora diretamente, num percurso em linha reta a partir da fonte sonora. Quando a onda sonora é refletida quer dizer que houve reflexões e variações de direção no seu percurso, por reflexão única ou reflexões múltiplas em superfícies existentes no espaço em causa.

O tempo de reverberação define-se como o intervalo de tempo, medido em segundos, que a energia sonora demora a decair 60 dB desde que a fonte sonora deixa de emitir. O tempo de reverberação mascara os sons diretos, o que não é de todo um aspeto positivo, mas por outro lado aumentando o nível sonoro devido ao acréscimo de som refletido com o som direto, pode ser um especto favorável.

O elemento mais importante relacionado com o tempo de reverberação é o seu efeito na transmissão da palavra. Isto é, um tempo de reverberação excessivo reduz o “entendimento” da palavra, ou seja, a inteligibilidade da palavra. Deve-se ao baixo nível sonoro de emissão de consoantes e ao seu curto período de duração ser suplantado pelo “rasto sonoro” de vogais imediatamente antecedentes, emitidas a nível sonoro elevado e com maior duração. Existindo um parâmetro de avaliação da inteligibilidade, RASTI (*Rapid Transmission Index*).

Este pode ser calculado utilizando as seguintes fórmulas:

$$m(F_0, F_m) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi F_m f(F_0)}{13,8}\right)^2}} \times \frac{1}{\left(1 + 10^{\frac{-S}{N(F_0)}}\right)}$$

Sendo,

F_0 – Frequência central [Hz]

F_m – Frequência de modulação [Hz]

m – Índice de modulação

$S/N (F_0)$ – Relação sinal/ruído para a frequência F_0

$$S/N_{(ap)} = 10 \log[m/(1 - m)]$$

Sendo,

m – Índice de modulação

$S/N_{(ap)}$ – Relação sinal/ruído aparente

$$RASTI = \frac{\overline{S/N_{(ap)}} + 15}{30}$$

Os índices de modulação são tabelados de acordo com o quadro seguinte.

Quadro 2-1: Frequências de modulação para as cada uma das frequências essenciais para a inteligibilidade da palavra, 5000 Hz e 2000 Hz

F_0 (Hz)	F_m (Hz)			
500	1,0	2,0	4,0	8,0

F_0 (Hz)	F_m (Hz)				
2000	0,7	1,4	2,8	5,6	11,2

A avaliação do parâmetro RASTI pode ser classificado de acordo com os intervalos de valores apresentados no quadro seguinte.

Quadro 2-2: Relação qualificada dos valores de RASTI

RASTI	0,00 – 0,30	0,30 – 0,45	0,45 – 0,60	0,60 – 0,75	0,75 – 1,00
	Mau	Pobre	Razoável	Bom	Excelente

Com as medições dos níveis de pressão sonora, é possível verificar, de acordo com o local e tipologia de espaço, se cumpre os valores de campos sonoros recomendados tanto expresso em dB(A) como em NC (*Noise Comfort*). A determinação deste indicador é feita tendo por base no nomograma onde são apresentadas as curvas de avaliação NC e onde se insere o gráfico correspondente dos valores dos níveis de pressão sonora por frequências.

Locais		dB(A)	NC
Hospitais	Enfermarias, centros de cirurgia	35 – 45	30 – 40
	Laboratórios, áreas de uso público	40 – 50	35 – 45
	Serviços	45 – 55	40 – 50
Escolas	Bibliotecas, salas de música e de estar	35 – 45	30 – 40
	Salas de aula, laboratórios	40 – 50	35 – 45
	Zonas de circulação	45 – 55	40 – 50
Hotéis	Quartos	35 – 45	30 – 40
	Restaurantes, salas de estar	40 – 50	35 – 45
	Recepção, zonas de circulação	45 – 55	40 – 50
Habitacões	Quartos	35 – 45	30 – 40
	Salas de estar	40 – 50	35 – 45
Auditórios	Sala de concertos, teatros	30 – 40	25 – 30
	Salas de conferência, cinemas, polivalentes	35 – 45	30 – 40
	Restaurantes	40 – 50	35 – 45
Escritórios	Salas de reunião	30 – 40	25 – 35
	Salas de administração	35 – 45	30 – 40
	Salas de computadores	45 – 65	40 – 60
Locais desportivos	Pavilhões fechados	45 – 60	40 – 55

Figura 2.4 – Valores do campo sonoro recomendados (Fonte: (Patrício, 2014))

O tempo de reverberação está diretamente relacionado com as condições geométricas e características de absorção sonora do espaço. A título de exemplo, os pavilhões desportivos são caracterizados por tempos de reverberação elevados e um estúdio de gravação musical por tempos de reverberação relativamente baixos, para que a captação da fonte sonora seja o mais possível assente em som direto. O cálculo do valor máximo que este deve ter, pode ser efetuado com a seguinte fórmula:

$$Tr \leq 0,15 V^{(1/3)}$$

Sendo,

Tr - Tempo de reverberação [s]

V - Volume [m³]

O tempo de reverberação de um espaço pode ser calculado recorrendo:

$$Tr = 0,16 V / A_{\alpha}$$

Sendo,

Tr - Tempo de reverberação [s]

V - Volume [m³]

α_i – Coeficiente de absorção sonora do elemento construtivo

Onde a área de absorção sonora é obtida através:

$$A_{\alpha} = S_i * \alpha_i + A_{\text{mobiliário}}$$

Sendo,

$A_{\text{mobiliário}}$ – Área do mobiliário [m²]

A_{α} – Área de absorção sonora equivalente [m²]

S_i – Área da superfície [m²]

α_i – Coeficiente de absorção sonora do elemento construtivo

O eco pode ser configurado como a chegada tardia de uma onda sonora com repetição e que cada uma delas é recebida no ouvido de forma individualizada. Não só o atraso da onda é contabilizado, como também a intensidade da onda sonora face ao ruído envolvente. Numa sala, não é admissível o efeito eco, sendo um desconforto para o recetor e assaz “cansativo”. Através do acréscimo de absorção sonora pode tornar-se um espaço ruidoso num mais confortável aos seus utilizadores. É usual aplicar-se esta técnica não só em espaços ruidosos, mas também para criar condições de “corte acústico” (Oliveira de Carvalho, 2015).

Os materiais e sistemas absorventes sonoros são bons aliados do conforto acústico de um espaço. Podem agrupar-se em três categorias, em função das suas características básicas:

- Porosos e fibrosos;
- Ressonadores;
- Membranas.

Cada um destes tipos de materiais ou sistemas são aplicáveis de acordo com a gama de frequências que se quer corrigir. Os materiais porosos são adequados para altas frequências enquanto que as membranas para baixas frequências. Os Ressonadores encontram-se dentro das gamas de frequências ao nível intermédio da escala de medição.

No que se refere ao isolamento sonoro, é necessário fazer a distinção entre sons de percussão - solicitação mecânica direta da fonte e irradiação pelos elementos de construção-, e aéreos – em que a condução do som é feita apenas por vibração do ar. A forma de transmissão de ambos os ruídos ainda pode ser diferenciada em direta e marginal.

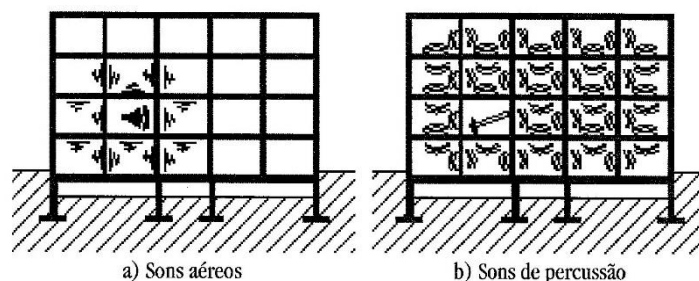


Figura 2.5 – Influência qualitativa dos sons aéreos e sons de percussão

Em relação ao isolamento sonoro a sons aéreos, não se trata apenas de uma separação física ou de isolar um elemento construtivo como uma parede por exemplo, mas sim avaliar e tratar o comportamento de um todo, de um espaço, o comportamento da sua envolvente direta. O comportamento acústico de um elemento construtivo depende, entre outros elementos, da sua massa. O parâmetro caracterizador do isolamento sonoro a ruídos aéreos de um determinado elemento é a redução sonora (indicador de absorção), que por sua vez depende do coeficiente de transmissão sonora que define a razão entre energia sonora transmitida e a resultante decorrente da energia refletida.

Para avaliar o comportamento acústico das superfícies aos sons aéreos há que ter em consideração um conjunto diverso de parâmetros; a massa do elemento construtivo, a frequência do som incidente, a frequência crítica, frequências próprias, fator de amortecimento interno (fator de perdas), campo sonoro incidente, permeabilidade face à onda sonora, rigidez do material, entre outros.

A medição do isolamento sonoro a sons de condução aérea no cálculo da diferença dos níveis de pressão sonora estabelecidos nos espaços emissor e recetor. Pode ser efetuada em laboratório com a determinação do índice de redução sonora (R) ou *in situ* com a determinação do isolamento sonoro bruto (D), o qual contempla o efeito das transmissões marginais. Em qualquer uma das situações os ensaios devem seguir normas específicas (ensaio normalizados).

Os sons de percussão derivam de uma solicitação direta sobre os elementos construtivos. Um som do tipo “percussão” transmite energia que facilmente se propaga a todos os elementos rígidos ligados a esse elemento. Os sons de percussão podem ser originados por fontes estáticas (ar condicionado, ventoinha, máquinas de lavar, sistemas de bombagem, ...) ou de impacto (queda de objetos, martelar, saltos, passos, ...). Neste caso a massa do elemento não é crucial, mas sim a superfície, devendo-se tornar as superfícies de impacto suficientemente resilientes de forma a atenuar e absorver o impacto mecânico da ação. No caso de existir uma grande continuidade nos elementos

construtivos, deve-se atuar de forma a poder ocorrer uma separação com intervalos para que se limite a propagação no elemento no seu todo. Para que haja uma redução da propagação dos sons de percussão é aconselhável a colocação de camadas resilientes nas superfícies sujeitas aos impactos, colocar a fonte sonora afastada de zonas onde não se requeiram baixos níveis sonoros, ou providenciar o isolamento à vibração entre a fonte e a estrutura. Já na zona de receção deve-se cobrir as superfícies radiantes recorrendo a capas amortecedores. Estas últimas soluções, aplicadas na envolvente do recetor, são de anotar no âmbito desta investigação com vista a melhorar o ambiente sonoro na “sala comum” contornado sons vizinhos que condicionam os sons existentes na sala. A medição dos sons de percussão pode ser feita em laboratório ou *in situ*, sendo que em laboratório não são contabilizados os efeitos das transmissões marginais. Neste caso, deve recorrer-se a ensaios de pavimento sob ação de uma percussão normalizada de modo a tentar recriar os contextos mais próximos da situação real.

2.8. Acústica arquitetónica

A Acústica arquitetónica associa-se a locais com grande intervenção e dirigido a grandes audiências, como sejam, a título de exemplo os auditórios e as salas de espetáculo. A acústica, neste tipo de locais, é sem dúvida o seu aspeto principal e a maior preocupação. Só depois se junta a componente visual e funcional. Porque um espetáculo, só o é com uma boa acústica. A sala pode ser visualmente fascinante e confortável, mas se o espetáculo não for “espetacular” ao nível acústico toda a envolvente é irrelevante, e o espaço não cumpre a sua função.

A envolvente de um espaço fechado é sem dúvida a peça chave de um ponto de vista de qualidade acústica. A forma e os materiais são elementos integrantes, tanto de um espetáculo musical como de um auditório, ou até uma sala destinada a aulas, com reflexos significativos no comportamento acústico do espaço. A utilização da reflexão das ondas sonoras é fundamental para uma boa acústica. Se o “jogo” de reflexões das ondas sonoras for funcional, a acústica também o é. Nem sempre foi assim, mas hoje em dia já há essa preocupação. (Oliveira de Carvalho, 2015).

“Um ouvinte ao longo dum espetáculo pode receber até oito mil reflexões por segundo.” (Oliveira de Carvalho, 2015)

O ouvinte recebe as ondas sonoras de forma progressiva. Em primeiro lugar, o som direto e depois o som proveniente das reflexões nas superfícies envolventes da sala, distinguindo-se dentro destas as iniciais e as tardias. O fenómeno também se aplica em espaços de pequena escala, em salas com reduzidas plateias, e salas de reuniões ou de trabalho. Considerando uma sala comum ela não é aplicável a espaços acoplados, pois estes terão de ser tratados de forma distinta como dois espaços individualizados.

As reflexões das ondas sonoras são necessárias para que haja uma boa acústica, mas só até certo ponto. O eco advém das reflexões que prejudicam o comportamento acústico de um espaço. O eco surge devido ao atraso de ondas sonoras, mas que ainda detêm grande intensidade, distinguidas pelo recetor (Oliveira de Carvalho, 2015). A solução ou melhoria deste aspeto negativo, passa por

introdução de materiais absorventes e alteração do ângulo das superfícies envolventes, para que a reflexão seja dada noutra sentida menos prejudicial. O eco repetido ocorre em zonas estreitas em que a fonte se encontra entre ambas, como o caso dos túneis. A introdução de material adequado à atenuação de ondas sonoras neste caso é também uma solução que visa melhorar esse aspeto.

A forma também pode ser prejudicial ao nível da acústica. É de evitar superfícies côncavas, porque estas centralizam o som. Por outro lado, uma superfície difusa traduz reflexão das ondas sonoras em todas as direções através do relevo dado à superfície. A aplicação de relevo numa superfície não é pacífica, na medida em que a dimensão da rugosidade do relevo condiciona o tipo de frequências que a superfície irá refletir (por exemplo, os pequenos relevos tornam a superfície difusa para altas frequências).

2.9. Reabilitação acústica

Minimizar a propagação das ondas sonoras para a melhoria da acústica do ambiente interior dos espaços é necessário tanto para edifícios novos como para os antigos, seja para ruídos de condução aérea ou de percussão. Qualquer intervenção num espaço já existente, ou que já esteve em funcionamento, tem as suas próprias características e condicionantes comparando com um espaço físico novo construído de raiz e já com um projeto de acústico pensado, estudado e implementado para o mesmo. Intervir sim, mas sempre respeitando o existente. A harmonia e contextualização do espaço é fundamental, sendo importante que sejam preservadas. A reabilitação visa recuperar e melhorar um sistema funcional, normalmente um edifício.

“O objetivo fundamental da reabilitação consiste em solucionar deficiências e anomalias construtivas, ambientais e funcionais, perspetivando, simultaneamente, uma modernização e beneficiação gerais do objeto sobre o qual se incide” (Patrício, 2014).

Quando se trata de edifícios antigos a intervenção tem que ser cuidada e requer um estudo prévio exaustivo. Qualquer intervenção de reabilitação num edifício antigo é uma oportunidade de melhoria do comportamento acústico do edifício. Trata-se de uma valorização do edifício, mas atendendo à história que ele transporta de modo a respeitá-la e preservá-la.

Um edifício alvo de reabilitação acústica pode ser intervencionado ao nível do isolamento sonoro da fachada, do isolamento a sons aéreos entre frações, na horizontal e vertical, no isolamento a sons de percussão entre frações, e no isolamento de sons aéreos entre espaços comuns e frações (Patrício, 2014). As orientações para este tipo de intervenções atravessam diferentes fases: diagnóstico, avaliação e de proposição de soluções corretivas.

É de notar a importância do critério de incomodidade na qualidade de vida, como já referido anteriormente. Sendo o conceito de sustentabilidade uma emergência atual, torna prioritário e crescente a necessidade de reabilitar o património edificado para que a sustentabilidade global seja uma realidade do futuro próximo (Patrício, 2014)

2.10. Instrumentação

A intensidade do ruído não é de fácil interpretação no ouvido humano, mas através de instrumentos adequados pode medir-se e avaliar alguns parâmetros. Existem diferentes equipamentos relacionados com a medição de níveis de pressão sonora ou geração do som.

Apresentam-se a seguir alguns instrumentos principais, utilizados na área da acústica e que se dirigem a auxiliar na medição e interpretação do ruído:

- Microfones;
- Acelerómetros;
- Sonómetros;
- Filtros;
- Analisadores Espectrais;
- Calibradores;
- Geradores de sinal;
- Fontes sonoras;
- Sondas de intensidade sonora;
- Dosímetros;
- Tubos de ondas estacionárias;
- Osciloscópicos;
- Câmaras reverberantes;
- Câmaras anecoicas.

Por exemplo, os microfones, como instrumento do conhecimento geral e comum, detetam variações de pressão, mas não ouvem.

Para a caracterização de campos sonoros, em espaço livre ou ambientes interiores, é utilizada uma cadeia de medição cuja finalidade é a tradução da pressão sonora em formatos de dados simples, de fácil utilização e leitura. Atualmente a cadeia de medição é comercializada por um sistema único denominado sonómetro (Patrício, 2010).

Para este projeto, os sonómetros são um instrumento fundamental para a investigação da área em causa. Os sonómetros são instrumentos de medida da pressão sonora, basicamente constituídos por um microfone, um circuito integrador, filtros de ponderação e um mostrador (analógico ou digital). Estes podem ser integradores ou não integradores. É o equipamento mais usual nos laboratórios de acústica. Há sonómetros de várias classes, a classe varia entre 0 e 3, consoante a sua precisão e para cada situação ou local a ser utilizado. Este instrumento apresenta diretamente o nível de pressão sonora pretendido, como o nível de pressão sonora equivalente.



Figura 2.6 – Sonómetro integrador

O dosímetro é um equipamento que avalia a “dose” diária de ruído a que um trabalhador pode estar exposto. É utilizado para avaliação da exposição ao ruído em locais de trabalho (Oliveira de Carvalho, 2015).

2.11. Legislação

Relativamente à legislação nacional em vigor, não existe até à data legislação específica para salas com esta tipologia e funcionalidade. Podem efetuar-se adaptações, tendo por base legislação existente, de modo a responder a exigências relativas ao tipo de trabalho em *open-space*.

A legislação em vigor relacionada com a acústica, ou onde são atendidas preocupações sobre a mesma, e relevantes para serem referidas neste trabalho, são: o Regulamento Geral sobre o Ruído (RGR) (Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro, 2007), o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) (Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho, 2008), o diploma sobre prescrições mínimas de segurança e de saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído (Decreto-Lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro, 2006), o diploma relativo à prevenção e controlo da poluição (Decreto-Lei n.º 146/2006 de 31 de Julho, 2006), decreto-lei referente a regime legal aplicável à prevenção e controlo da poluição sonora (Decreto-Lei n.º 278/2007 de 1 de Agosto, 2007), o diploma referente à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas (Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro, 2006), o diploma que estabelece regras em matérias de emissões sonoras relacionadas com equipamento de utilização em exterior (Decreto-Lei n.º 221/2006 de 8 de Novembro, 2006) e por último a declaração de retificação referente (Declaração de Rectificação n.º 18/2007 de 14 de Março de 2007, 2007).

Acrescenta-se ainda que, em Portugal, a legislação em vigor não contempla a obrigatoriedade de isolamento acústico ser verificado em todas as direções da propagação das ondas sonoras. Deste modo e porque as situações de desconforto são diárias tanto nas habitações como nos locais de trabalho, importava uma densificação legislativa no sentido de reforçar a metodologia de avaliação das efetivas condições acústicas nos espaços, tendo foco na origem do ruído interno e externo aos edifícios. Apesar de haver a exigência de ensaios acústicos não se verifica de um modo geral o cumprimento da lei. Para o caso particular de edifícios antigos não há texto legislativo que contemple esses casos de reabilitação.

3. A ACÚSTICA DE *OPEN-SPACE*

3.1. Tipologia do espaço

As salas com tipologia *open-space* têm características específicas e muito próprias. Não existem *open-space* iguais. O modo como o som se propaga é diferente de sala para sala. A atenuação das ondas sonoras é diferente em cada um dos espaços. É um espaço onde se agrupam pessoas, uma sala comum a vários trabalhadores, e, à partida, só por esse aspeto, o seu estudo, tratamento, implementação de soluções ou intervenção corretiva é complexo.

As características como volume, área, envolventes, materiais existentes, mobiliário presente, número de ocupantes, disposição das mesas e distribuição das “ilhas” de trabalho são determinantes nesses espaços. Devem assim ser consideradas para uma melhor *performance* a nível acústico. O mobiliário e materiais existentes podem servir como obstáculos que causam benefícios. “Jogar” com os próprios elementos presentes na sala a favor da qualidade acústica, é uma possibilidade a ter em conta. Interferir nas envolventes, com simples alterações, sejam pela aplicação de texturas ou de material com melhor comportamento acústico pode fazer a diferença.

A dimensão do *open-space* ao nível do número de ocupantes, deve estar de acordo com as diferentes equipas presentes ou dinâmica da entidade, assim como a disposição das mesas de trabalho e o número de ocupantes.

Importa distinguir a tipologia da sala no âmbito do trabalho. Considera-se válido o conceito de *open-space* aplicado a uma sala comum com vários trabalhadores, sem barreiras físicas entre eles, e onde o contacto visual entre as pessoas na mesma sala é possível. Os funcionários estão agrupados por “ilhas” de trabalho, com dimensões variáveis e diferente número de funcionários por “ilha”, ou em mesas individualizadas.

As salas com função *call center* não são consideradas no estudo. O conceito de *call center* é caracterizado por “cabines”, onde os operadores/funcionários usam “protetores auditivos” – auscultadores - para a comunicação telefónica. A exposição ao ruído a que um funcionário de *call center* está sujeito é distinto do funcionário do conceito *open-space* considerado neste trabalho, ou de escritório sem a função de “telefonista”. O uso incontornável de auriculares nesta tipologia de espaço distingue os funcionários. No entanto, estudos alertam para a melhoria desses espaços intervindo nos tetos e revestimentos de piso, por exemplo, devido o ambiente ruidoso verificado nos *call center* (Trompette & Chatillon, 2012). Verificando-se assim a problemática do incómodo devido ruído em ambas as tipologias de salas.

3.2. Conceitos essenciais

Com elevados níveis de ruído nos espaços abertos para trabalho comum há uma distorção do entendimento da palavra. O conceito de inteligibilidade insere-se assim neste contexto de *open-space*. Há a tendência para aumentar a intensidade, o “volume” ou “falar mais alto”, para que uma pessoa se faça ouvir pelo seu potencial recetor. E muitas vozes sobrepostas num espaço comum, a falar em diferentes direções e com elevados níveis, constitui-se num ruído de fundo incomodativo. Sendo impossível desagrupar os utilizadores desta tipologia de espaço laboral ou não sendo essa uma solução passível de ser aplicável, interferir na forma como se propagam as “vozes” e analisar as direções das mesmas, é determinante numa sala comum com um conjunto de pessoas a trabalhar. Não só a inteligibilidade da palavra está em causa, mas a privacidade do discurso da mesma.

Os trabalhadores entendem a palavra sem o ruído periférico, mas em *open-space* não é possível a “anulação” do ruído de fundo. Importa não só avaliar a inteligibilidade, mas também tratar a privacidade do discurso. Restringir as emissões sonoras a um bloco individual ou “ilha” de trabalho que está dentro de compartimento comum sem barreiras físicas é algo de difícil concretização neste tipo de espaços. Estes espaços não tendo obstáculos específicos para a otimizar a qualidade acústica, detêm mobiliário muito promissor para o conforto acústico no mesmo. O contributo passivo dos elementos presentes nestes espaços, podem ser traduzidos por parâmetros que se possam considerar nas ações de avaliação a sala, como é o caso do parâmetro RASTI, que será abordado no capítulo da aplicação prática, frequentemente utilizado na caracterização acústica de recintos (Patrício, 2010). Importa assim, o nível de pressão sonora da emissão da palavra, o grau de privacidade desejada, o nível sonoro do ruído de fundo, a absorção sonora do teto, absorção sonora do revestimento do piso e distância entre emissor e recetor. Tudo elementos indissociáveis e cruciais no estudo, análise e intervenção.

Inteligibilidade da palavra é a forma como a palavra é entendida. A variabilidade da emissão da voz pode ser analisada sobre vários parâmetros como: a frequência, intensidade, duração e direccionalidade. As gamas de frequências usadas na palavra são muito vastas, desde o som de mais baixa frequência até ao de mais alta frequência. O nível de pressão sonora de emissão pode ser fraco quando “toca” a consoante e mais intenso quando de uma vogal. O mais constante ocorre entre 21 e 28 dB, podendo existir episódios de grande variação de intensidade. As vogais são também emitidas com uma duração superior às consoantes. Em relação à direccionalidade de emissão, a voz humana emite preferencialmente para a frente do orador, mas com direccionalidade em função da frequência. Existem formas de medir a inteligibilidade da palavra, subjetiva ou objetivamente (Oliveira de Carvalho, 2015).

Os conceitos de acústica de exteriores e da acústica arquitetónica aplicada a salas de espetáculos, por exemplo, assim como de vibrações que contribuem para o ruído do ambiente interior, não têm aplicabilidade direta neste trabalho. O efeito do ruído exterior é condicionante, mas não determinante no âmbito desta dissertação. A tipologia do espaço centra-se na acústica de edifícios, contemplando salas com tipologia *open-space*.

É importante sim, a atenção com os vãos envidraçados para que se melhore as condições acústicas e se diminua o ruído vindo do exterior, o qual contribui para o estabelecido no interior do

espaço de trabalho, não sendo, todavia determinante no âmbito do desenvolvimento deste trabalho. Também não sendo determinante, mas requerendo alguma atenção são as tubagens e equipamentos que podem contribuir para o ruído de fundo. Verificar a localização desses objetos e “contornar” ou solucionar o ruído que eles provocam de forma a obter um melhor comportamento acústico, é uma mais-valia para o conforto acústico do compartimento que estiver em causa.

Infelizmente, há parte do ruído que por mais que seja atenuado ou “trabalhado” de forma a não perturbar os trabalhadores desta tipologia de sala, não tem solução e depende do bom senso e respeito entre funcionários, assim como as contribuições negativas para o não conforto acústico por parte dos utilizadores que não acrescentam valor nem fazem parte da atividade laboral. A implementação de um “manual de boas maneiras” ou “manual de conduta no espaço laboral”, ou estabelecer tempos de pausa para a entidade empregadora, é uma possibilidade que pode ser vantajosa e a considerar.

A saúde do trabalhador é posta em causa também neste ambiente de trabalho. Tendo consequências físicas e cognitivas (Jahncke et al., 2011). Algumas delas são referidas anteriormente no capítulo dois na secção de incómodos e consequências do ruído. Contudo tal também não é um foco tratado nesta investigação.

Numa outra perspetiva, os *open-space* são vistos como redução de energia e gastos, assim como, o número de divisões que poupa gastos de construção. Providenciam e otimizam a comunicação entre trabalhadores e fomentam o trabalho em equipa. Embora haja poupança nos aspetos referidos, esta tipologia de espaço é acompanhada de graves problemas ao nível de acústica, como já referido, sons não desejados, que vai de encontro à questão de investigação deste trabalho. Ruído ouvido pelo trabalhador que põe em causa a inteligibilidade e privacidade do trabalhador. (Utami, Sarwono, Rochmadi, & Suheri, 2014).

3.3. Estudos e modelos existentes

Existem alguns estudos que abordam problemáticas relacionadas com as salas *open-space*, tanto a inteligibilidade da palavra, como com as consequências do foro psicológico e físico, por exemplo. A forma como se pode trabalhar ou corrigir os espaços interiores e exteriores envolventes deste tipo de salas, aproveitando o mobiliário ou as paredes divisórias, também é um aspeto referido nos estudos e em artigos publicados. Esta temática da acústica do *open-space* é mais abordada a nível internacional do que a nível nacional. No entanto, há um estudo nacional de particular interesse, no âmbito da tipologia de espaço abordada no presente trabalho, o qual se referencia no final desta secção de estudos e modelos existentes.

Fazendo um paralelismo com a acústica arquitetónica, se há um cuidado com locais para grandes audiências, porque não há com salas de trabalho, como são os *open-space*? São apenas pequenas salas comuns, quando comparadas com salas de espetáculo ou teatros, mas onde por vezes se agrupam um grande número de pessoas. Aqui, não é necessário ouvir e entender a “música”, mas o colega de trabalho. É, pois, uma tipologia de espaço que requer atenção às suas condições acústicas.

Um estudo revela que através de um obstáculo, a existência de uma barreira de absorção sonora e difusora ao mesmo tempo (móvel e outros elementos como prateleiras de livros em escritórios) elementos que têm um papel importante na quantidade de som absorvido (Sarwono et al., 2014).

A ideia de que o *open-space* traduz uma poupança, tanto a nível económico como de espaço físico, é referido num artigo em que o autor adianta que uma parede divisória para separar visualmente, dando privacidade, e favorecendo o isolamento sonoro, se justificam em alguns casos para proteger o trabalhador da exposição ao ruído. E ainda, que os fatores poupança e conforto do trabalhador devem ser tidos em conta de modo contrabalançado (Upritz, 1998).

Outra investigação vai mais longe e sugere espaços individuais para que o trabalhador se possa isolar em determinados períodos, por necessidade de maior concentração, mas sendo o seu posto habitual um espaço comum com a sua equipa de trabalho (Young & Brand, 2005).

Do ponto de vista do conforto e saúde do trabalhador, um estudo revela que a combinação entre um bom ambiente de trabalho e conforto, leva consequentemente à satisfação do trabalhador no seu local de trabalho (Å, Charles, Farley, & Newsham, 2007). O que reforça a ideia que, o facto de melhorar o espaço laboral, se traduz na satisfação do funcionário, sendo a qualidade acústica uma componente determinante nesse processo.

Outro estudo, por sua vez, relaciona o nível de *estresse* com o ruído a que a pessoa está sujeita e concluiu que pessoas expostas a níveis de pressão sonora elevados ficam afetadas cognitivamente (Jahncke, Hygge, Halin, Marie, & Dimberg, 2011).

Em Portugal há um projeto de investigação que salienta diversos aspetos, entre eles, que é indispensável um ambiente acusticamente confortável para o exercício de qualquer atividade profissional, e que sendo os escritórios *open-space* caracterizados por ausência de paredes convencionais que permitem que o ruído se propague sem dificuldade, devem merecer atenção especial. Assim sendo, torna-se evidente a necessidade de aplicação de sistemas capazes de melhorar a privacidade e a inteligibilidade da palavra com a introdução de mecanismos de absorção sonora capazes de aumentar a privacidade do discurso. Não sendo possível separar o conceito deste tipo de salas da privacidade do discurso, há que tratar o espaço de modo a reduzir ao máximo o ruído nele produzido. O mesmo projeto considera ainda que não é dada atenção ao teto desses espaços como superfície potenciadora de uma maior absorção dos níveis de ruído e um grande contributo para a melhoria da acústica de cada espaço (Oliveira, 2009).

Os estudos existentes referem e expõem em comum diferentes problemáticas e aspetos que podem ser desenvolvidos como ao nível da privacidade, da exposição do trabalhador ao ruído, do potencial dos espaços já existentes para adaptações e melhoramento das suas envolventes, tendo sempre presente a ponderação entre a vertente económica do espaço físico.

3.4. Metodologia de aplicação prática

A problemática abordada no trabalho é um tema atual, com dimensão crescente e cujos efeitos e impactos ao nível da produtividade, conforto e saúde dos trabalhadores, merece que sejam avaliados. O modo de avaliação a qualidade acústica impõe que, através dos resultados pretendidos alcançar ao nível da privacidade do discurso, se possam obter orientações que no futuro auxiliem à adequação, transformação e ocupação de espaços *open-space* onde a inteligibilidade da palavra seja assegurada. Considera-se assim, que o conhecimento da prática atual, da realidade e percepção sentida pelos utilizadores desses espaços é fundamental.

Desta forma, e com vista a responder à questão de investigação e à problemática alvo de estudo procedeu-se a um conjunto de ações de forma a obter todos os dados necessários para a resposta ao problema. Não havendo uma metodologia específica sobre o tema ou um caminho a seguir “passo a passo” já experimentado, houve a necessidade de criar uma metodologia de aplicação prática. Desta forma obtiveram-se melhores orientações, dados e conclusões que produziram uma metodologia aplicável à acústica em *open-space*, ou seja, uma metodologia possível de aplicar a todos os espaços com esta tipologia.

Abordar o problema de diferentes perspetivas foi essencial para que se pudessem obter resultados independentes e distintos, mas que se correlacionam entre si e que é possível correlacionar. Na metodologia que se apresenta neste capítulo foi considerada, tanto a análise qualitativa como a quantitativa. Ambas cruciais visto que, neste caso, importa não só a vertente da ciência exata, mas também o modo como o problema é percecionado. Sendo o ruído uma temática complexa e de difícil medição, como já foi mencionado, a abrangência do seu incómodo, ou como é sentido por cada funcionário, ganha importância, justificando-se assim a relevância deste trabalho. Entender como o Homem sente o ruído neste tipo de espaços, quando trabalhando em conjunto, com medições *in situ* e que orientações se pode aplicar aos casos reais, revelou-se um jogo de peças que todas juntas funcionam para a resolução de um problema, a qualidade (ou não) da acústica em *open-space*. A opção pelo desenvolvimento de inquéritos *online* com um universo de abrangência ao nível nacional sobre o tema implicou o estabelecimento de diferentes pedidos de colaboração tanto para responder ao inquérito, como para empresas para elas próprias serem caso de estudo. Os casos de estudo - três salas distintas -, forma objeto de medições dos níveis de pressão sonora e de realização de inquéritos presenciais aos trabalhadores desses mesmos *open-space* em estudo. Em cada caso de estudo, foi necessário observar o espaço e apontar todas as suas características, materiais, envolventes e dinâmicas. Em cada intervalo de tempo de medição, foi dada especial atenção aos passos e movimentos a descartar quando necessário. No final foi desenvolvido o tratamento de dados dos inquéritos. Relacionar os fatores dos casos de estudo, obter conclusões e comparar as mesmas com os inquéritos *online*. Apresentar propostas e orientações de forma a melhorar o espaço tendo por base a finalidade de melhorar a qualidade acústica em *open-space*. Aplicar estes tópicos e observações originou a metodologia explicada, foram alguns dos aspetos tidos em conta para construí-la. A metodologia ensaiada serve de fio condutor para aplicar transversalmente a novos casos de estudo.

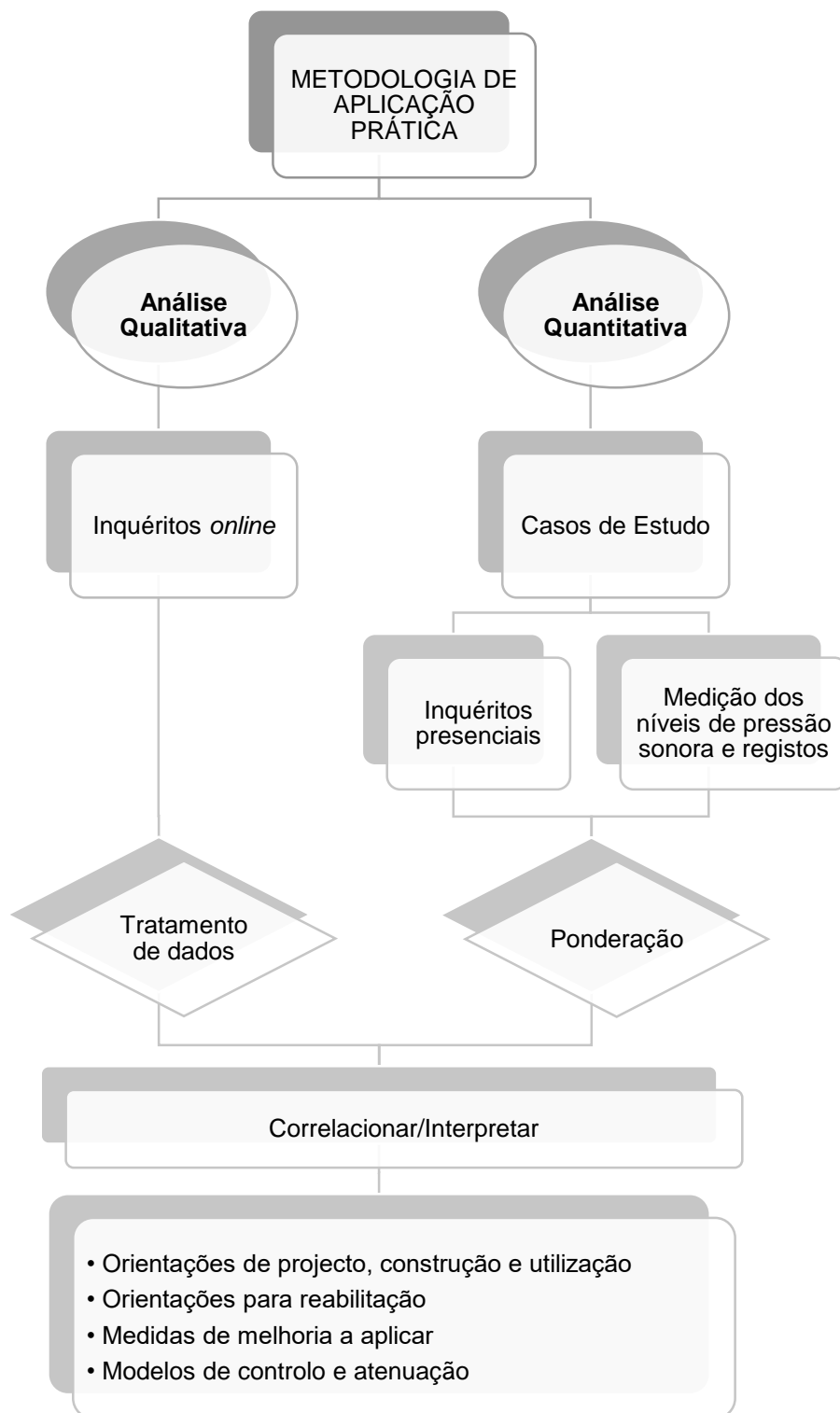


Figura 3.1 – Esquema ilustrativo da metodologia de aplicação prática.

No que se refere à análise qualitativa, é de notar que os gráficos de percentagem são relevantes para visualizar e tirar conclusões da qualidade dos resultados apresentados pelos inquiridos. Não só os gráficos de número de repostas revelam ou denunciam resultados, mas também o tipo de gráfico tem importância no tratamento de dados estatísticos.

Atente-se que cada caso é um caso, isto é, um caso de estudo é único podendo ter semelhanças, ou não, com outro já estudado. É essencial respeitar a sua dinâmica e características próprias de acordo com o tipo de serviço no mesmo, ou prestado pelo mesmo. A metodologia é passível de ser aplicável a todas as salas com a tipologia *open-space*, como já referido anteriormente, mas atento a uma análise mais quantitativa. Apenas nesta análise, é que se recolhem dados que caracterizam em particular o espaço do caso a estudar. A partir desta, é que se pode formular orientações para construção de medidas de melhoria específicas e adequadas à sala em concreto.

Ainda relativa à análise quantitativa, revela-se pertinente ponderar os inquéritos dos utilizadores do caso de estudo com as medições e registos sobre as envolventes ou notas retiradas aquando da nossa presença no espaço. Deste modo, é possível analisar os inquéritos dos funcionários da sala alvo de medições, de outra perspetiva, e verificar a qualidade dos dados recolhidos e respostas. A observação é crucial. Entender o espaço que se está a analisar e o seu funcionamento, é também fundamental. Logo é indispensável e incontornável a primeira visita ao local e a presença atenta nos dias de medições.

No capítulo seguinte, encontra-se o desenvolvimento da metodologia de aplicação prática apresentada no presente capítulo separado em análise qualitativa e análise quantitativa, que foi aplicada ao presente projeto de investigação.

4. APLICAÇÃO PRÁTICA

4.1. Análise Qualitativa – Inquéritos

De forma a provar o estudo e obter dados representativos sobre como os trabalhadores em *open-space* (a nível nacional), se sentem e percebem o seu local de trabalho, foi produzido um inquérito de raiz para essa análise qualitativa. A fase de inquéritos contou com inquéritos *online*, com recurso à ferramenta *Google Forms*, realizados a nível nacional, e os segundos inquéritos presenciais efetuados nas empresas casos de estudo.

O inquérito tendo na sua maioria sido preenchido através duma ferramenta *online* pelos inquiridos, suscita questões relacionadas com o controlo, ou falta dele, sobre a população inquirida (Silva, 2014). Mesmo havendo perguntas de despiste e restrições para a não tentativa de “falsear as respostas ao mesmo.

4.1.1. Elaboração e estruturação do Inquérito

O inquérito foi elaborado visando abranger diferentes aspetos. Conta com 23 questões e um campo de resposta livre no final. Tratou-se de um inquérito confidencial e anónimo, e encontra-se completo para consulta no ANEXO I. Primeiramente, contextualiza o tema e explica a razão do mesmo estar a ser realizado ao inquirido. As questões iniciam-se pedindo ao inquirido que se caracterize ao nível do género e idade, pois estes são fatores que podem distinguir o modo como sente o ruído. De seguida, verifica-se se a pessoa se enquadra no âmbito do estudo. As questões seguintes estão relacionadas com a sala de trabalho, número de trabalhadores do seu *open-space* e “ilha” de trabalho, sem esquecer as envolventes, caracterizando os materiais das mesmas. Pretende-se desta forma, tentar entender se as empresas ou entidades já atendem a alguns cuidados sobre esta tipologia de espaço. Através de um esquema generalista de uma planta de uma sala *open-space*, é possível de entender o posicionamento do inquirido e, posteriormente, o seu grau de satisfação em relação ao mesmo. As vantagens e desvantagens são essenciais nesta fase, e pede-se que sejam apontadas duas opções em cada um desses aspetos, assim como questões relacionadas com o grau de incómodo/satisfação ou avaliação de ruído. As perguntas relacionadas com alturas do dia ou hora, têm como objetivo relacionar as mesmas com as medições, e verificar se há homogeneidade, ou não, na opinião dos participantes do inquérito.

Os auriculares são um objeto usado por muito trabalhadores ao longo do dia e há a formulação de uma pergunta no sentido de entender a razão da utilização dos mesmos. Os inquiridos como elementos participantes e colaboradores no estudo, têm o direito, caso pretendam, de receber informações sobre os resultados e conclusões do estudo. Essa questão, alerta para a anonimato da pessoa, visto que ao preencher esse campo, fica parcialmente comprometido. Por último, deixa-se aos inquiridos a oportunidade, através de um campo de resposta aberta, para evidenciar ou colocarem observações e sugestões.

Quando, ao longo do inquérito, se pede o grau de incomodidade ou como é que o inquirido avalia certo facto de interferência à sua normal atividade, estes níveis estão de acordo com a Norma 4476 (Instituto Português da Qualidade, 2008).

4.1.2. Colaboração no Inquérito

O pedido de colaboração para responder ao inquérito *online* foi feito via mensagem pessoal para amigos e familiares, e diretamente para as empresas de espaços de *open-space*, do território nacional. Foram enviados cerca de 170 pedidos formais para empresas via mensagem de correio eletrónico para colaboração no inquérito da presente dissertação.

4.1.3. Tratamento de dados

Para efeitos conclusivos sobre a análise qualitativa, a nível geral, foram contabilizadas e analisadas em conjunto as respostas *online* e presenciais. Foi posteriormente feito um tratamento de dados específico (e direcionado) aos inquéritos de cada empresa alvo de campanhas de medição, no sentido de correlacionar esses resultados com os das medições feitas nas mesmas.

Foram contabilizadas 444 respostas no total. Nesta análise, foram considerados válidos 308 inquéritos. As razões que levaram ao decréscimo do número total de respostas a serem analisadas, deve-se ao facto de ser necessário retirar respostas dadas por inquiridos que não se enquadram no contexto pretendido para o estudo. Inquiridos que não trabalham em *open-space*; inquiridos que trabalham em *open-space*, mas com função de *call center* e inquiridos em que o número total de trabalhadores do seu *open-space* é inferior ou igual a 5, foram as premissas para que não seja considerado válido o inquérito no âmbito do estudo. É de realçar a relação entre o número total de respostas contabilizadas e algumas premissas que se apresentam no quadro seguinte.

Quadro 4-1: Inquérito geral – Validação das respostas consoante a premissa e comparação percentual com o número total de respostas contabilizadas

Premissa	Número total de inquiridos	%
Total de respostas contabilizadas	444	100
Respostas consideradas válidas	308	69,44
Inquiridos que não trabalham em <i>open-space</i>	47	10,59
Inquiridos que trabalham em <i>open-space</i> , mas com a função de <i>call center</i>	33	7,43
Inquiridos que trabalham em <i>open-space</i> com um número total de trabalhadores na sala menor ou igual a 5	56	12,61

Note-se que a forma como o inquérito foi executado e produzido, não permitia ao inquirido continuar a responder caso o mesmo não trabalhasse em *open-space*, ou que trabalhasse em *open-space*, mas com a função de *call center*. Algumas obrigações e restrições foram aplicadas a questões aquando das respostas online, de forma a poder validar as respostas do inquirido, obter uma igualdade em certos aspetos e, conseqüentemente, permitir fazer-se comparações e observações sobre as mesmas.

Quanto ao tratamento de dados, as respostas podem ser facilmente traduzidas em gráficos. Desta forma, é possível uma interpretação e visualização dos resultados de forma mais clara e explícita, e, posteriormente, retirar as conclusões e ideias chave. Todos os gráficos referentes a cada questão do inquérito geral são apresentados em anexo (ANEXOII).

Obteve-se um maior número de respostas por parte do género feminino, mais de metade são mulheres (questão 1). Quanto à questão referente às idades dos inquiridos, há uma maior concentração em torno da idade dos 30 anos e especialmente na linha abaixo dessa idade. E o maior número de inquiridos estão entre os 20 e os 40 anos, acima destes, as idades são muito dispersas e variadas, não havendo uma tendência (questão 2). Nos dias de hoje, com a amostra de respostas obtidas, é possível verificar que a grande maioria dos *open-space* funciona com um número total de funcionários entre 6 e 26, mais de 142 se inserem nesse intervalo. E que são raras as salas com esta tipologia a funcionar com mais de 106 funcionários (questão 5). As “ilhas” de trabalho são maioritariamente de 6 pessoas, havendo também um grande número de inquiridos afirmando que se encontram agrupados em 8, 6 e 2 pessoas e até mesmo individualizados (questão 6).

Relativamente a materiais, o mais apontado foi o material sintético, 59 % das respostas, e no caso da madeira 38% para o revestimento do tampo da mesa de trabalho (questão 7). O teto dos *open-space* tem, em 87% dos casos avaliados, a mesma altura em toda a sua área (questão 8) e 50% destes casos tratam-se de teto falso perfurado (questão 9). O revestimento de piso mais utilizado nas salas *open-space* é “alcatifa ou material têxtil”, indicado em 50% das respostas (questão 10).

O posicionamento dos trabalhadores na sala de trabalho tem relativamente uma distribuição igual sobre grande parte das hipóteses de resposta à exceção da localização “encontre-me numa mesa no meio de outras”, que atinge os 40%. (questão 11) O grau de satisfação em relação ao posicionamento do inquirido no *open-space* é de “satisfeito” com 49% de respostas (questão 12).

Para 289 inquiridos a “facilidade em comunicar com os restantes colegas da sua equipa” é a maior vantagem e, de seguida, a “possibilidade de conhecer e conviver com os seus colegas de trabalho” (questão 13). Quanto às desvantagens, 192 dos inquiridos aponta “sensação de ruído durante todo o dia”, como a grande desvantagem de trabalhar nesta tipologia de espaço. Segue-se depois a “distração por conversas paralelas” é apontada em 129 respostas (questão 14). Nestas duas questões referidas anteriormente, das vantagens e desvantagens em trabalhar na tipologia de espaço em estudo, seria preferível ter dado a oportunidade de não apontar nenhuma vantagem/desvantagem, assumiu-se à partida que há vantagens e desvantagens em trabalhar em *open-space* em que havia obrigatoriedade em responder à questão.

Ainda sobre as questões sobre as vantagens e desvantagens em trabalhar em *open-space* (questões 13 e 14), são apresentados os gráficos de barras com as respostas contabilizadas para cada uma das hipóteses de resposta em anexo. A análise percentual é feita nos quadros seguintes e o cálculo é operado relacionando o número de respostas por hipótese com o número total de respostas consideradas válidas (308), visto que em ambas as questões era pedido ao inquirido que indicasse duas vantagens/desvantagens a soma da coluna percentual não será de cem por cento.

Quadro 4-2: Inquérito Geral – Hipótese de resposta relativa a vantagens (Questão 13)

Hipóteses de Resposta – Questão 13	n.º respostas	n.º respostas (%)
Possibilidade de conhecer e conviver com os seus colegas de trabalho	138	44.81
Condições e ambiente de trabalho iguais para todos os trabalhadores	99	32.14
Maior rendimento pessoal por menos distração com questões pessoais (por exemplo devido à falta de privacidade)	14	4.55
Maior produtividade e eficácia da equipa de trabalho	76	24.68
Facilidade em comunicar com os restantes colegas da sua equipa	289	93.83

Quadro 4-3: Inquérito Geral – Hipótese de resposta relativa a desvantagens (Questão 14)

Hipóteses de Resposta – Questão 14	n.º respostas	n.º respostas (%)
Iluminação insuficiente ou deficiente	5	1.62
Insegurança, objetos pessoais mais expostos e visíveis	4	1.30
Desconforto térmico, variação da temperatura ambiente da sala	89	28.90
Desconforto físico motivado pela secretária ou cadeira de escritório	7	2.27
Falta de privacidade	49	15.91
Distração por conversas paralelas	129	41.88
Distração por movimento de pessoas	42	13.64
Menor produtividade e rendimento por interrupções constantes	99	32.14
Sensação de ruído (“sensação de barulho”) durante todo o horário de trabalho	192	62.34

O ruído ambiente é avaliado pelos inquiridos como, maioritariamente, ligeiramente e moderadamente incomodativo, 34% e 39% respetivamente (questão 15). E as “conversas entre colegas de trabalho” é o tipo de ruído que causa maior incómodo no local de trabalho, com uma percentagem de respostas dadas pelos inquiridos de 58% (questão 16). Não existe uma altura do dia que seja consensual ao nível da sensação de maior ou menor ruído no local de trabalho: 27 % refere que o fim do dia é a altura com maior sensação de ruído, mas as restantes hipóteses de resposta não se distanciam muito desse valor e apresentam percentagens semelhantes entre si (questão 17). Não existe uma hora, mesmo que aproximada, em que os funcionários sintam maior ruído apenas uma pequena incidência sobre o meio-dia, 12h00, e fim do dia, 17h00 (questão 18). O uso de auriculares por parte dos utilizadores das salas *open-space* atinge os 54% (questão 19).

Os inquiridos que afirmam estar satisfeitos em trabalhar em open-space atingem uma percentagem de aproximadamente 44%, (135 respostas das 308). Cerca de 21% diz-se insatisfeito, e para 18% dos inquiridos é indiferente (questão 21). A percentagem de inquiridos que pretendem receber conclusões sobre o inquérito é de 47%, o que demonstra um certo interesse no tema abordado no inquérito no qual o inquirido participou (questão 22)

Não são apresentados os gráficos das respostas relativas às questões 3 e 4, visto que são respostas de verificação, isto é, se o inquirido se insere no estudo e não acrescentam valor para retirar conclusões sobre a investigação. Os gráficos referentes às questões 18, 20 e 23 não foram produzidos, visto não fazer sentido a elaboração do mesmo para o tipo de resposta a dar a cada uma das questões. As repostas referentes à hora que o inquirido considera que haja maior ruído no seu local de trabalho (questão 18) é inconclusiva, pela diversidade de respostas recebidas não havendo uma tipologia ou incidência sobre alguma hora em específico. A questão 23 relaciona-se com a resposta da questão anterior do inquérito, caso o inquirido pretenda receber conclusões sobre o inquérito, e é pedido o seu contacto de correio eletrónico o que não apresenta valor para o presente tratamento de dados. Relativamente à questão de resposta aberta número 20, que está diretamente relacionada com o uso de auriculares por parte dos inquiridos (questão 19), obtiveram-se 165 respostas afirmativas, mas apenas 161 dessas apresentaram uma resposta válida. A razão mais apontada pelos os inquiridos que leva ao uso de auriculares é “concentração”. No ponto referido como “diversos” são apontadas mais que uma justificação ao uso deste objeto. São associados em muitos casos, neste tipo de respostas, o isolamento ao ruído de fundo e concentração ou ouvir música e concentração. Expõe-se de seguida, uma síntese dos motivos apresentados pelos inquiridos.

Quadro 4-4: Síntese dos motivos apresentados na questão de resposta aberta número 20 do inquérito geral

Motivo – Questão 20	n.º respostas	n.º respostas (%)
Concentração	67	41.61
Isolamento sonoro ou devido ao ruído	37	22.98
Ouvir música	30	18.63
Diversos	25	15.53
Questões relacionadas com atividade laboral	2	1.24

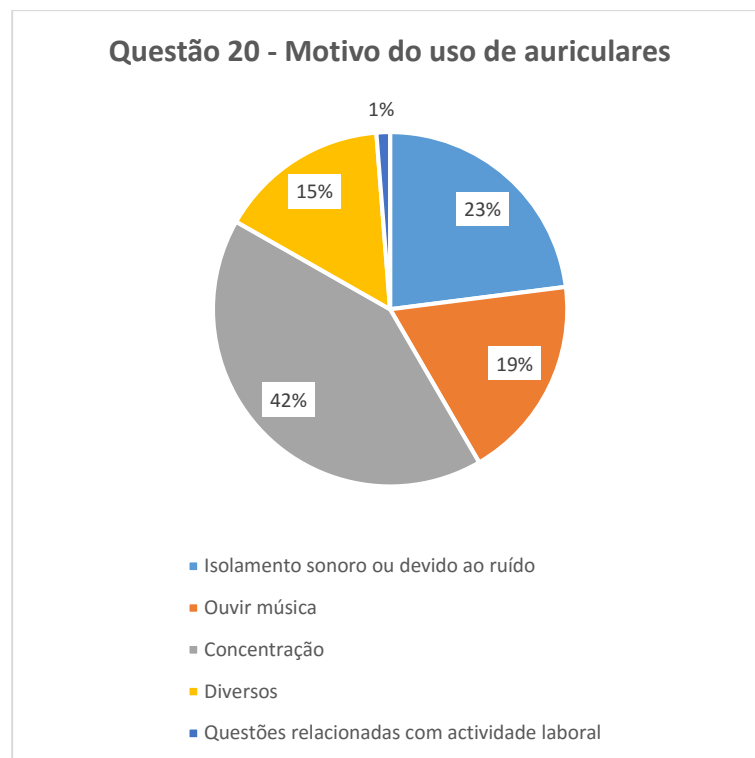


Figura 4.4.1 – Gráfico síntese da questão de resposta aberta número 20 do inquérito geral (%)

Todos os dados tratados e as conclusões extraídas dos gráficos têm por base a amostra de inquiridos, em exclusivo, retirados da experiência realizada.

4.2. Análise Quantitativa – Casos de estudo

4.2.1. Apresentação dos casos de estudo

Os casos de estudo constituem um suporte adicional de modo a responder à questão de investigação. Foram estudadas três empresas de diferentes serviços e dimensões. Primeiramente as empresas foram convidadas a colaborar no projeto, em seguida foi realizada uma primeira visita ao espaço e, por último, foram realizadas as campanhas de medição *in situ* e efetuados inquéritos presenciais aos funcionários presentes nas salas sujeitas às medições dos níveis de pressão sonora.

O tipo de serviço oferecido pelas empresas que colaboraram na investigação é distinto:

- A empresa José de Mello Saúde assume-se como empresa de referência na prestação de cuidados de saúde em Portugal e um parceiro para o desenvolvimento do País (Truewind, 2012). Por simplificação na apresentação dos resultados será indicada como “Empresa A”.
- A empresa Science4you é uma empresa 100% portuguesa que se dedica ao desenvolvimento, produção e comercialização de brinquedos educativos e científicos, bem como, à área de formação: festas de aniversário, campos de férias, cursos de formação e animação científica (Science4you, 2016). Por simplificação na apresentação dos resultados será indicada como “Empresa B”.
- A empresa Cali dedica-se ao desenvolvimento tecnológico e à comunicação digital em plataformas web e mobile (Javali, 2015). Por simplificação na apresentação dos resultados será indicada como “Empresa C”.

Apresenta-se de seguida uma perspetiva global das salas *open-space* estudadas em cada caso de estudo.

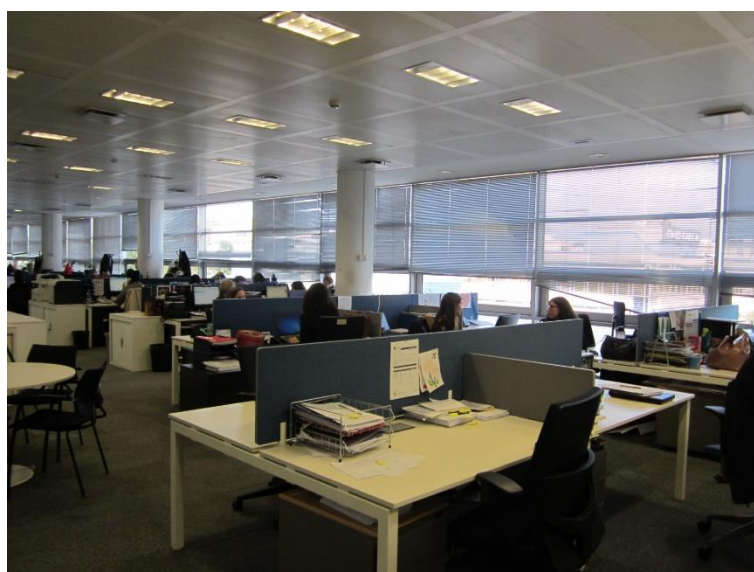


Figura 4.4.2 – Fotografia ilustrativa do open-space da Empresa A



Figura 4.4.3 - Fotografia ilustrativa do open-space da Empresa B

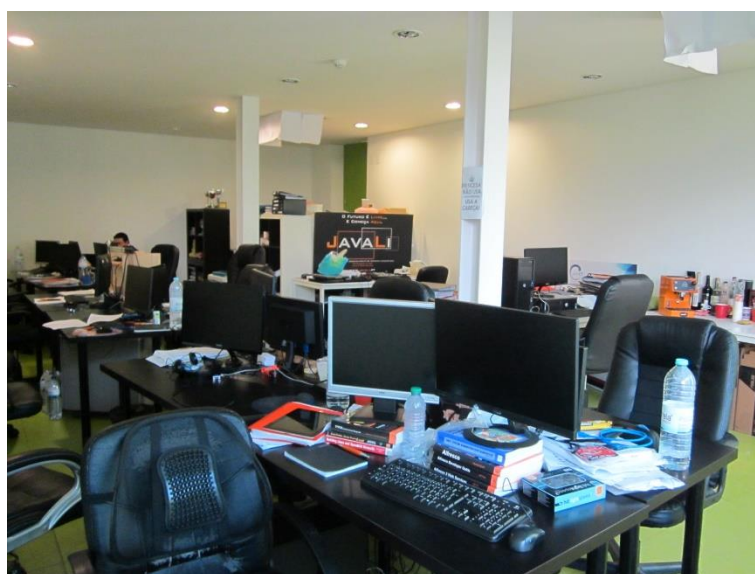


Figura 4.4.4 - Fotografia ilustrativa do open-space da Empresa C

4.2.2. Caracterização dos casos de estudo

O número de trabalhadores e a dimensão das empresas colaboradoras é distinto. O número de trabalhadores varia consoante a dinâmica e tipo de serviço prestado pela empresa, assim como, casos extraordinários de ausência de funcionários, nomeadamente por doença, férias ou deslocações no âmbito da atividade laboral. O número de trabalhadores apresentado no quadro seguinte é aproximado.

Quadro 4-5: Caracterização das empresas caso de estudo – Relação entre o número de trabalhadores do *open-space* e o número de inquiridos

Empresa	Número de trabalhadores do <i>open-space</i> (X)	Número de inquiridos (Y)	Relação entre X e Y (%)
Empresa A	70	62	88,57
Empresa B	30	23	76,67
Empresa C	14	11	78,57

O número de trabalhadores agrupado varia consoante o caso de estudo, de acordo com a sala alvo de análise. A Empresa A agrupa o maior número de colaboradores e a Empresa C agrupa o menor número. A empresa caso de estudo com mais inquiridos respondidos e trabalhadores presentes no *open-space*, é a Empresa A. Coincidentemente, também é o *open-space* de maiores dimensões comparativamente aos restantes casos de estudo.

As imagens apresentadas no ANEXO IV apresentam uma planta esquemática de cada *open-space* das empresas estudadas, onde também estão indicados os pontos onde foram realizadas as medições.

4.2.3. Descrição dos *open-space* das empresas caso de estudo

Referente à Empresa A, a sala tem uma forma retangular (ilustrações das plantas de cada *open-space* em estudo no ANEXO III). Os funcionários presentes na sala de trabalho têm idades compreendidas entre 24 e 62 anos e encontram-se distribuídos por “ilhas” de trabalho com 3, 4, 5, 6, 7 ou 8 trabalhadores. Relativamente a materiais, o tampo da mesa é revestido a material sintético (plastificado, liso e impermeável) e o revestimento do pavimento é material têxtil. O teto tem a mesma altura em toda a área da sala e trata-se de um teto falso perfurado, com placas metálicas. A iluminação é embutida. Ao nível das envolventes, a sala tem uma grande área de envidraçados para o exterior com proteção solar em estores perfurados em mais de metade da área, e a restante com estores não perfurados. Quanto às divisórias interiores relativamente aos espaços vizinhos, estas são feitas com armários ou estantes de arrumação; vidro transparente com barreira visual nos mesmos e parede divisória com revestimento liso. A localização dos funcionários varia entre funcionários em mesas no meio de outras, com envidraçado no seu tardo, com armários ou estantes de arrumação atrás de si e junto à porta ou local de saída/passagem.

Quanto à Empresa B pode afirmar-se que o seu *open-space*, em planta, se assemelha à forma de um “L” porque tem uma parte retangular e outra quadrada. Caracteriza-se como uma empresa jovem, com o *open-space* ocupado por funcionários com idades compreendidas entre 23 e 34 anos. As mesas, onde estão distribuídos os trabalhadores, são alinhadas e dispostas em linhas paralelas, à exceção da zona quadrada onde estão mesas de frente para a parede. O tipo de revestimento do tampo das mesas

e de piso é de madeira. O teto tem diferentes alturas, da zona retangular para a zona quadrada, e trata-se de um teto falso, não perfurado, que contempla teto falso liso e zona de placas retangulares. A iluminação é embutida. As envolventes para o exterior são todas envidraçadas com proteção, “blackout”, e entre espaços interiores as paredes são lisas. Os funcionários localizam-se em mesas no meio de outras, de frente para envidraçado ou parede, tendo atrás de si uma parede lisa ou junto a porta ou local de saída/passagem.

Por último, a Empresa C detém o *open-space* mais pequeno tanto ao nível da sua área em planta como no número de trabalhadores do mesmo. A forma da sala, em planta, é retangular. Os seus funcionários têm idades compreendidas entre 25 e 40 anos. Os funcionários estão subdivididos em “ilhas” de 2 ou 4 pessoas. O tampo das mesas é revestido a madeira e o revestimento de piso é de material vinílico/sintético (material plastificado, liso e impermeável). O teto falso tem a mesma altura em toda a sua área e é liso. A iluminação é embutida. As envolventes são em paredes lisas, sendo um dos lados em envidraçado sem proteção. Os funcionários estão posicionados em mesas no meio de outras, tendo uma parede lisa atrás de si, e tendo também móveis de arrumação ou estantes atrás de si.

Todas as características, detalhes de materiais e envolventes das salas alvo de medições podem ser visualizadas em imagens pormenorizadas ilustrativas de cada espaço no ANEXO IV.

4.2.4. Medição dos níveis de pressão sonora

Foram medidos os níveis de pressão sonora através de um sonómetro integrador, em dois dias distintos, em cada empresa caso de estudo. Estas medições foram efetuadas sempre de manhã, à exceção do segundo dia na Empresa C por motivos logísticos e de disponibilidade da empresa.

Os registos foram feitos numa folha previamente preparada para o efeito. Para todas as empresas escolheram-se quatro pontos onde se colocou o sonómetro e foram feitas duas “rondas” de medições, registando-se a hora de início das ditas. O tempo de cada medição foi de cinco minutos. Assim as colunas estão separadas por “ronda”, ponto de medição, horas, e tempo de estabilização do equipamento. As restantes são dedicadas ao registo dos níveis de pressão sonora por bandas de frequência de oitava (63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 e 8000 Hz), valor do dB(A), filtrado pela malha A, a qual se assemelha ao que é sentido pelo ouvido humano, assim como a diferença entre do valor em dB(A) da primeira para a segunda “volta” de medições do dia.

A folha de registos para cada empresa e por cada dia de medição, encontra-se em anexo. (ANEXO V, VI e VII)

Para as medições foi utilizado um sonómetro integrador de classe 1 e calibrado aos 94 dB(A) para a banda de frequência de 1000 Hz (o sonómetro encontra-se ilustrada no capítulo 2.7 – figura 2.6). O manual, características e calibrador usado apresenta-se de seguida.

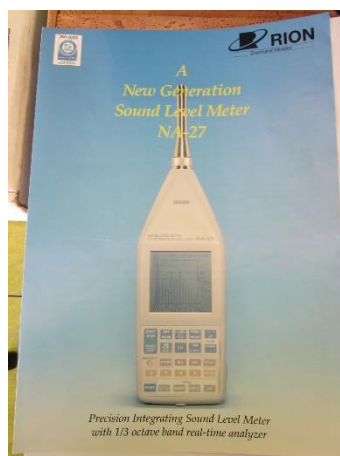


Figura 4.4.5 – Manual do sonómetro integrador utilizado nos ensaios *in situ*



Figura 4.4.6 – Modelo do sonómetro integrador utilizados nos ensaios *in situ*



Figura 4.4.7 – Calibrador utilizado na calibração do sonómetro integrador dos ensaios *in situ*

4.2.5. Tratamento de dados - Medições dos níveis de pressão sonora

Os dados relativos às campanhas de medição foram traduzidos para gráficos. Para a avaliação do nível de conforto acústico juntam-se no mesmo gráfico as curvas NC para determinação do parâmetro NC com o gráfico que traduz os valores dos níveis de pressão sonora medidos por banda de frequência nas medições *in situ*, nomogramas. Conseguindo-se assim obter o NC para cada ponto.

O traçado das curvas NC foi efetuado tendo por base a norma brasileira NBR10152 (ABNT - Associação Brasileira de Normas e Técnicas, 1987). Optou-se por esta norma, visto apresentar os pontos específicos por banda de frequência das curvas de avaliação de modo a poder traçar as mesmas na folha de cálculo. A bibliografia portuguesa apenas apresentava os gráficos, através desses retiram-se valores para o traçado das curvas, mas apresentavam pouca exatidão comparativamente à norma brasileira utilizada. Existem valores de campo sonoro recomendados, expressos em débeis filtrados pela malha A e de NC, de acordo com a função de cada empresa e zonas dos pontos de medição. Todos as salas alvo de medições detêm computadores, no entanto são escritórios que no mesmo espaço se efetuam diversas atividades distintas em simultânea, pela tipologia de espaço que é o *open-space*. Assim sendo, não se pode considerar em exclusivo os valores recomendados para salas de computadores. Foram efetuadas duas rondas de medições dos níveis de pressão sonora por dia e medições em dois dias. Todos os nomogramas são apresentados nos ANEXOS X, XI e XII. A título de exemplo apresenta-se um deles de seguida.

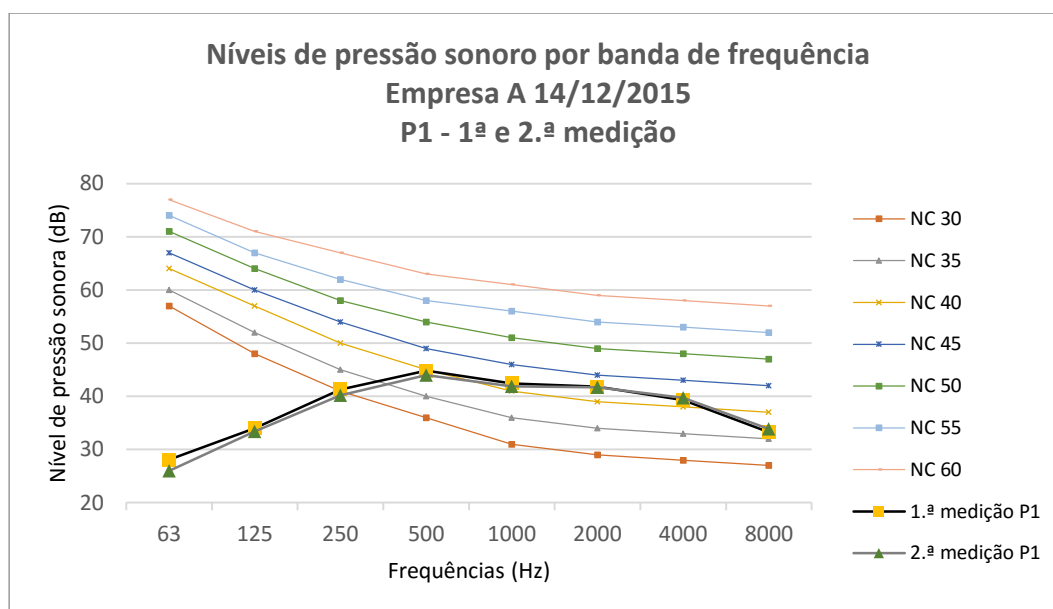


Figura 4.8 – Exemplo de um nomograma

Analisando os gráficos é possível verificar que não há uma variação significativa da 1ª para a 2ª medição do dia na Empresa A. A zona em torno do ponto P1 é onde se localizam os coordenadores de equipa. É uma zona mais “calma” e apresenta um bom nível de ruído com os valores mais baixos nos tempos em que foram feitos os ensaios, tendo um NC de 45, dentro dos valores médios para escritórios recomendados. E com níveis de pressão sonora médios que não ultrapassam os 55 dB (A). À medida que se distancia deste ponto, do ponto P1 para o ponto P4, ponto do outro lado oposto da sala em relação à zona de chefia, há um aumento dos níveis de pressão sonora e curvas NC. Atingindo NC 55 no ponto P4 e níveis de pressão sonora em torno dos 55 dB(A).

As medições dos ensaios efetuados na Empresa B resultam num nível de conforto entre NC 45 e NC 50. Os níveis de pressão sonora variam no intervalo entre 45 e 60 dB(A), nunca atingindo os 60. Há neste caso uma diferença significativa em alguns pontos da 1ª para a 2ª medição do dia.

Salienta-se que a zona em redor do ponto P2 é, sem dúvida, uma zona mais silenciosa. A dinâmica da empresa ao nível da movimentação de funcionários é diferente da anterior. O número de funcionários no *open-space* é variável de dia para dia, visto que nesta se encontram funcionários que se ausentam do escritório para ir às lojas.

A diferença de valores na empresa C é um caso atípico no conjunto dos casos estudados. O seu espaço é mais pequeno e a dinâmica é muito diferente dos outros casos de estudo. Há frequentemente movimentação dos trabalhadores na sala. Esse facto deve-se a uma particularidade, não só pela dimensão e número de funcionários, mas porque funciona como uma única equipa. Daí a razão pela qual os valores médios dos níveis de pressão sonora serem muito díspares na Empresa C e não serem semelhantes entre a primeira e segunda medição, assim como do primeiro para o segundo dia de medições. Refletem-se assim na variação ao nível das curvas de conforto acústico, sendo em alguns casos avaliado como NC 40 como noutros NC 60. Cada ponto não tem um “comportamento tipo”, isto é, de medição para medição e dia para dia não traduzem curvas tipo e específicas para cada ponto de medição. Os níveis de pressão sonora tanto atingem os 50 dB(A) no ponto P2 ou no P4, por exemplo.

4.2.6. Avaliação da Inteligibilidade (RASTI)

Para a avaliação da inteligibilidade recorreu-se ao cálculo do parâmetro RASTI. Em anexo encontram-se os quadros referentes aos dados gerais do *open-space* de cada caso de estudo, identificação das envolventes e materiais, mobiliário existente, caracterização das envolventes com os respetivos coeficientes de absorção sonora usados no cálculo, o cálculo da área de absorção sonora dos tempos de reverberação e do parâmetro RASTI para o ponto P1 e o ponto P3 de cada *open-space*. (ANEXO XIII para a Empresa A, ANEXO XIV para a Empresa B e ANEXO XV para a Empresa C).

Quadro 4-6: Parâmetro RASTI calculado e respetiva classificação

Open-space	Parâmetro RASTI (calculado)	Relação qualificada dos valores de RASTI
Empresa A	0.47	Razoável
Empresa B	0.46	Razoável
Empresa C	0.25	Mau

Para as três salas caso de estudo, o valor do parâmetro RASTI calculado teve o mesmo resultado para ambos os pontos de cada *open-space*. O tempo de reverberação é calculado para efeitos de cálculo do RASTI. Foram adotadas algumas simplificações no cálculo do mesmo. As aberturas referidas são para o interior, assim sendo considerou-se não a unidade, valor considerado para uma abertura para o exterior, para o coeficiente de absorção sonora, mas sim metade. Contabilizando desta forma os materiais do corredor ou adjacentes às aberturas e existência de

absorção sonora por parte desses locais. A classificação “razoável” aplica-se às Empresas A e B. Apesar da Empresa A deter materiais com elevados coeficientes de absorção sonora, a sala tem grandes dimensões e consequentemente um grande volume. Comparando com a Empresa B, que mesmo tendo elementos com menor coeficiente de absorção relativamente à sala anterior, o espaço é menor o que traduz a relevância da relação entre volume do espaço e materiais presentes no mesmo. A sala da Empresa C não apresente nenhum “cuidado” ao nível do comportamento acústica da mesma sendo esta classificada como “mau”.

4.2.7. Inquéritos presenciais nas empresas caso de estudo

Após a análise generalista realizada com o total de inquiridos, onde são agrupados os inquéritos efetuados nos casos de estudo aos *online*, apresenta-se agora um tratamento de dados específico a cada grupo de respostas dadas pelos inquiridos presentes nas salas *open-space*.

Em anexo, são apresentados os todos os gráficos correspondentes a cada um dos casos. Apresentam-se assim em anexo, os espectros sonoros obtidos (ANEXO VIII, IX e X).

Relativamente aos inquéritos referentes a cada caso de estudo, pode-se afirmar que o *open-space* estudado na Empresa A é maioritariamente ocupado pelo género feminino, quase 84% da ocupação da sala, e o grau de satisfação com a localização dos inquiridos é de 50%. A vantagem mais apontada foi a “facilidade em comunicar com os restantes colegas da sua equipa”, quase 100% apontou essa hipótese como resposta, e as desvantagens recaem sobre a sensação de ruído e desconforto térmico, 68% e 58% respetivamente. A avaliação do ruído desenvolvida apresenta como resultados valores entre “ligeiramente e moderadamente incomodativo”, sendo o ruído que mais incomoda a “conversa entre colegas”, cerca de 71% das respostas, contexto que permite induzir que tem influência ao nível do desempenho de funções de trabalho no local. Não é possível tipificar a altura do dia em que é sentido o maior ruído, havendo uma diversidade hipóteses escolhidas. Cerca de 63% usa auriculares. Cerca de metade afirma estar satisfeito em trabalhar na tipologia de espaço *open-space*, 30 respostas, porém 21 das respostas afirmam estar insatisfeitos. Mais de 50% dos inquiridos pretende receber conclusões do inquérito, o que demonstra particular interesse dos trabalhadores desta empresa no estudo.

A Empresa B também detém na sua maioria funcionários do género feminino. Cerca de 61% afirma estar satisfeito com a sua localização na sala. Mais uma vez a “facilidade em comunicar com os restantes colegas da sua equipa” é a vantagem mais apontada pelos inquiridos. A desvantagem reincide sobre a sensação de ruído durante todo o dia e “conversas paralelas entre colegas” com o mesmo número de respostas. Também as hipóteses “ligeiramente ou moderadamente incomodativo” voltam a ser apontadas para a questão 15, quando se pergunta ao inquirido como avalia o ruído ambiente do seu *open-space*. Para 61% dos funcionários os “toques de telefones do serviço” representa o ruído mais incomodativo. É patente que o “fim do dia, próximo da hora de saída” é a altura do dia que se sente maior ruído, sendo a resposta de 17 dos 23 inquiridos. Cerca de 91% utiliza auriculares. O grau de satisfação é de 61% sobre a resposta “satisfeito” em trabalhar nesta tipologia de espaço.

Por último e ao contrário das anteriores, a Empresa C detém 82% de funcionários do género masculino. Apenas 2 dos 11 inquiridos são mulheres. Não é conclusivo o grau de satisfação relativa à localização dos inquiridos no *open-space*. Todos os inquiridos afirmam como vantagem a facilidade em comunicar. Por sua vez as desvantagens mais apontadas são mais uma vez mais a sensação de ruído e distração por conversas paralelas. As respostas à questão da avaliação do ruído ambiente, tal como nas duas outras empresas casos de estudo, varia entre ligeiramente e moderadamente incomodativo. A “conversa entre colegas” é o maior incómodo para 64% dos utilizadores. A questão 17 referente à altura do dia em que o inquirido sente maior ruído assenta sobre “não consigo identificar” e “durante todo o dia”. Mais de metade dos funcionários usa auriculares. A satisfação em trabalhar nesta tipologia de espaço é de 5 respostas para “satisfeito” e obteve 2 respostas para “muito insatisfeito”, insatisfeito” e “indiferente”.

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1. Análise Qualitativa

De acordo com as respostas dos inquiridos, é possível verificar que o número total de trabalhadores nas salas *open-space* não ultrapassam a centena, exceto cerca de uma dezena de casos.

Relativamente aos materiais de revestimento, neste caso dos tectos das salas de trabalho, é possível constatar que este tipo de objeto tem potencial para melhorar comportamento acústico.

O tecto sendo uma envolvente interior com uma área significativa nas salas de trabalho, de acordo com as respostas dos inquiridos, não apresenta qualquer preocupação ou aproveitamento para a melhoria da acústica da sala. O tipo de revestimento e desníveis ao longo da sua superfície podem beneficiar a propagação das ondas sonoras, a favor do conforto acústico. É sinal do desconhecimento dos efeitos para a qualidade acústica dentro dos espaços da utilização deste tipo de materiais lisos e refletores nos tetos, pois esta situação não promove a absorção nem diminuição dos níveis de ruído. Por sua vez, o tipo de revestimento do pavimento denota uma preocupação por parte dos responsáveis dos *open-space*.

O grau de satisfação relativamente ao posicionamento dos funcionários na sua sala de trabalho, é positivo em mais de metade das respostas obtidas.

A vantagem apontada pelos inquiridos em trabalhar nesta tipologia de espaço assenta na “facilidade em comunicar com os restantes colegas da sua equipa”, porém as desvantagens mais indicadas relacionam-se com o ruído constante e distração por conversas paralelas. Sendo mesmo o ruído mais incomodativo apontado pelos inquiridos a “conversa entre colegas”. Ou seja, a facilidade de diálogo é vantajosa, mas ao mesmo tempo contribui para o ruído de fundo considerado moderadamente incomodativo. O uso de auriculares por parte dos inquiridos é uma forma de atenuar o incómodo e melhorar a concentração, objeto esse utilizado pela maioria dos inquiridos. Contudo, metade dos mesmos encontram-se entre satisfeitos ou muito satisfeitos em trabalhar em *open-space* e há interesse em receber as conclusões do inquérito a que foram sujeitos.

5.2. Análise Quantitativa

As empresas casos de estudo são muito distintas e dificilmente se podem comparar. Não há uma tipologia de comportamento nem é possível dividir a sala da Empresa C por zonas, visto esta funcionar como uma única equipa. Enquanto que na Empresa A e B funcionam no mesmo espaço equipas distintas, na Empresa A o número de funcionários é praticamente constante diariamente e ao longo do dia, e o mesmo já não acontece na Empresa B devido ao tipo de serviço prestado pela mesma.

O nível de conforto acústico dos três casos de estudo pode ser melhorado. Os nomogramas apresentados em anexo evidenciam o indicador NC superior ao que idealmente seria recomendado. Não existindo valores recomendados específicos para salas *open-space*, adotou-se um valor intermédio para o conforto acústico destes espaços, NC igual a 40. Em todos os pontos de medição são excedidos igualmente os valores recomendados para os níveis de pressão sonora, que não deveriam exceder os 45 dB(A). Mesmo que superem por vezes esse valor, a média ou incidência de valores registados não devia ser tipicamente superior a esse valor. A perceção aquando da visita aos espaços e nos dias de ensaios *in situ* vai de encontro ao desconforto denotado com base nos ensaios e resultados dos inquéritos. A avaliação da inteligibilidade através do parâmetro RASTI reforça a necessidade de otimizar a qualidade acústica dos espaços em causa.

Analogamente, as respostas dos inquéritos presenciais são transversais na vantagem “facilidade em comunicar com os restantes colegas da sua equipa”. A segunda vantagem, como acontece na questão das desvantagens, é o que distingue cada empresa caso de estudo. A “sensação de ruído durante todo o dia” é maioritariamente a hipótese apontada pelas Empresas A e B, mas não é a primeira escolha dos inquiridos da Empresa C, que apontam “distração por conversa paralelas” a principal desvantagem. O uso de auriculares é preponderante por parte dos funcionários das empresas caso de estudo. Apesar dos resultados, o grau de satisfação por parte dos utilizadores assenta entre satisfeito e muito satisfeito generalidade das três Empresas.

Finalizando a análise quantitativa, através do paralelismo entre as medições dos níveis de pressão sonora, registos e inquéritos presenciais, é comprovado que há desconforto acústico. Contudo a utilização de auriculares para concentração e “abstração” do ruído existente no local de trabalho e facilidade de comunicação entre colegas, resulta num nível satisfação na questão referente ao grau de satisfação em trabalhar em *open-space*. Porém, os ensaios e respostas referentes às desvantagens em trabalhar nesta tipologia de espaço reforçam que o ruído é incomodativo e deverão ser implementadas medidas que aumentem a qualidade acústica.

5.3. Correlação entre análise qualitativa e análise quantitativa

Na correlação das análises anteriormente abordadas, há pontos de concordância entre os inquéritos gerais e os inquéritos tratados especificamente para cada empresa caso de estudo, na maioria das questões. A maior vantagem e desvantagem são coincidentes.

Relativamente aos revestimentos das envolventes e mobiliário dos espaços constata-se que há potencial nestes, de modo a originar novas soluções com vista à melhoria da qualidade acústica. O teto é uma envolvente que facilmente se compreende que não foi considerado problema pelas Entidades. É um elemento que pode ser melhor projetado de modo a contribuir para melhorar a acústica dos *open-space*. O conforto térmico é outra das queixas referidas em muitas questões de resposta aberta ou como hipótese de melhoria, tanto qualitativamente como quantitativamente.

O ruído mais incomodativo é uma das questões em que há diferenças significativas. Há queixas específicas nas salas das empresas alvo de estudo que são muito inúmeras, como o facto do material de revestimento de piso na Empresa A e o toque de telefones de serviço na Empresa B. Quanto à Empresa C, o número de trabalhadores é maioritariamente masculino, o que não se verifica nos inquéritos *online*, nem nos inquéritos presenciais nas outras empresas caso de estudo.

O uso de auriculares por parte dos inquiridos é elevado e a justificação assenta sobre os mesmos aspetos em ambas as análises. Realçando uma vez mais a ideia transmitida na análise quantitativa do presente capítulo de discussão de resultados.

Por fim, a interpretação das análises comprova e intensifica a problemática abordada neste trabalho. Há necessidade de adotar medidas de melhoria, orientações para reabilitação e orientações tanto nas vertentes de projeto, construção e manutenção de novos espaços visando qualidade acústica em *open-space*.

6. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

6.1. Conclusões

A principal conclusão que comprova a problemática do presente trabalho e responde à questão de investigação é que de facto o ruído é a principal desvantagem e incómodo apontado tanto pelos inquiridos como pelas medições dos níveis de pressão sonora dos ensaios in situ nas três empresas estudadas.

Conclui-se que a metodologia criada para o desenvolvimento desta dissertação foi uma peça chave no decorrer dos trabalhos. Delineou o caminho a prosseguir através das diferentes etapas. A abordagem em duas vertentes distintas, convergiu para o mesmo fim. Ambas responderam à questão de investigação.

A elaboração do inquérito atingiu o objetivo esperado. Provou que a “ideia” de abordar o ruído em open-space é um tema pertinente de ser estudado e, inesperadamente, obteve uma participação significativa a nível nacional. Através da análise quantitativa, comprova-se que o nível de conforto acústico é desadequado ou excessivo para os espaços estudados. Existe assim, uma convergência na interpretação conjunta de ambas as análises, quantitativa e qualitativa.

O nível de conforto acústico deve respeitar certos valores de acordo com o tipo de função ou serviço prestado pela empresa. A dinâmica e tipologia da sala também deverão ser tidos em conta. Não há de todo uma preocupação das Entidades com os locais de trabalho com a tipologia de sala em causa, o que é verificável nas várias vertentes da metodologia. Há necessidade de implementar medidas de melhoria. Só reabilitando com o intuito de melhorar a acústica da sala ou tendo em conta a vertente acústica em projeto, é que se pode aperfeiçoar os espaços, congregando os materiais a implementar tanto nas envolventes e mobiliário. Há uma potencialidade desperdiçada nos elementos presentes nos open-space que podem beneficiar o comportamento acústico desses mesmos espaços. A qualidade acústica é sem dúvida uma exigência para a atividade laboral de cada funcionário.

Pelos dados obtidos através das análises feitas na aplicação prática deste projeto, conclui-se ainda que a temática abordada neste trabalho é do interesse da maioria dos inquiridos, mesmo os que não foram validados para a análise qualitativa, o que demonstra a importância do estudo da temática.

6.2. Desenvolvimentos futuros

Uma variante a aplicar na análise qualitativa, será considerar o *open-space* com número total de funcionários na sala diferente para que seja considerado *open-space*, por exemplo passar para 8 ou mais, em vez de 6 como foi considerado no presente trabalho. E dessa forma comparar os resultados obtidos. Ainda se pode verificar as diferenças e semelhanças à medida que aumentamos o número total de trabalhadores mínimo para ser considerado *open-space*. E se tem influência significativa na análise dos inquéritos diminuindo o número total de inquiridos considerados “aptos” ou válidos.

Em trabalhos futuros pode implementar-se no inquérito uma questão adicional com o intuito de avaliar a interferência do ruído na execução da atividade laboral na perspetiva do utilizador, por exemplo numa escala de 0 a 10 de acordo com a norma portuguesa NP4476 (Instituto Português da Qualidade, 2008). Acrescentando ainda o modo como entende o discurso entre a sua equipa ou na sua “ilha” de trabalho. Assim, a inteligibilidade passará a ser um fator a avaliar.

Aprofundar a análise dos casos de estudo é outro trabalho que pode ser desenvolvido. Através do estudo da localização dos edifícios e analisando o efeito, significativo ou não, do ruído exterior. Se estes se localizam em zonas de especial atenção ao nível do ruído produzido, por exemplo, pelo tráfego aéreo ou rodoviário. E ainda, que medidas se pode aplicar com vista a melhorar a acústica exterior e a interferência e ganhos na acústica do edifício em causa.

Propõe-se a adaptação ou conceção de legislação específica para as salas de trabalho com tipologia *open-space*.

Sugere-se ainda, a elaboração de um glossário no desenvolvimento do presente projeto de investigação em específico ou manual de conceitos básicos de Acústica. A presente sugestão visa auxiliar os interessados nesta área.

No desenvolvimento do projeto foi visível a diferença entre a vertente laboral e comportamental. Sendo muitas vezes assinalada como um problema a parte comportamental, propõe-se a realização de um manual de procedimentos interno. O manual poderá servir empresas ou entidades que deste modo podem incutir aos seus trabalhadores maneiras de estar no seu do local de trabalho com vista a não incomodar os colegas com os seus objetos pessoais ou comportamentos. Desta forma, ficará assim uma regra geral a todos os colaboradores e funcionários sem distinções entre indivíduos, minimizando as pequenas perturbações ao longo do dia que provocam desconforto, principalmente, acústico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ã, J. A. V., Charles, K. E., Farley, K. M. J., & Newsham, G. R. (2007). A model of satisfaction with open-plan office conditions : COPE field findings. <http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.04.002>
- ABNT - Associação Brasileira de Normas e Técnicas. (1987). NBR 10152 Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro.
- Declaração de Rectificação n.º 18/2007 de 14 de Março de 2007. (2007). Diário da República, 1.ª série - N.º 54. *Secretaria-Geral Da Presidência Do Conselho de Ministros*, 1628. Disponível em www.dre.pt
- Decreto-Lei n.º 146/2006 de 31 de Julho. (2006). Diário da República, 1.ª série - N.º 146. *Ministério Do Ambiente, Do Ordenamento Do Território E Do Desenvolvimento Regional*, 5433–5441. Disponível em www.dre.pt
- Decreto-Lei n.º 182/2006 de 6 de Setembro. (2006). Diário da República, 1.ª série - N.º 172. *Ministério Do Trabalho E Da Solidariedade Social*, 6584–6593. Disponível em www.dre.pt
- Decreto-Lei n.º 221/2006 de 8 de Novembro. (2006). Diário da República, 1.ª série - N.º 215. *Ministério Da Economia E Da Inovação*, 7750–7779. Disponível em www.dre.pt
- Decreto-Lei n.º 278/2007 de 1 de Agosto. (2007). Diário da República, 1.ª série - N.º 147. *Ministério Do Ambiente, Do Ordenamento Do Território E Do Desenvolvimento Regional*, 4912–4913. Disponível em www.dre.pt
- Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de Fevereiro. (2006). Diário da República, I série-A - N.º 40. *Ministério Do Trabalho E Da Solidariedade Social*, 1531–1538. Disponível em www.dre.pt
- Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro. (2007). Diário da República, 1.ª série - N.º 12. *Ministério Do Ambiente, Do Ordenamento Do Território E Do Desenvolvimento Regional*, 389–398. Disponível em www.dre.pt
- Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho. (2008). Diário da República, 1.ª série - N.º 110. *Ministério Do Ambiente Do Ordenamento Do Território E Do Desenvolvimento Regional*, 3359–3372. Disponível em www.dre.pt
- Gerges, S. N. Y. (2000). *Ruído: Fundamentos e controlo* (2.ª ed.). Florianópolis: NR Editora.
- Instituto Português da Qualidade. (2008). NP 4476 Acústica: Avaliação da incomodidade devida ao ruído por meio de inquéritos sociais e sócio-acústicos. Caparica: Instituto Português da Qualidade.

- Jahncke, H., Hygge, S., Halin, N., Marie, A., & Dimberg, K. (2011). Open-plan office noise : Cognitive performance and restoration. *Journal of Environmental Psychology*, 31(4), 373–382.
<http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2011.07.002>
- Javali. (2015). Javali. Disponível em <http://www.javali.pt/>
- Oliveira de Carvalho, A. P. (2015). Acústica ambiental e de edifícios. Porto: FEUP.
- Oliveira, P. (2009). *Desenvolvimento e caracterização acústica de elementos autoportantes para absorção sonora em espaços tipo open-space*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Patrício, J. (2010). *Acústica nos edifícios* (6.^a ed.). Lisboa: VERLAG DASHÖFER.
- Patrício, J. (2014). *Reabilitação Acústica* (3.^a ed.). Lisboa: VERLAG DASHÖFER.
- Sarwono, J., Rachman, A. P., Rofiatun, I., & Azzahra, N. (2014). The Influence of Abfuser Configuration to the Speech Privacy and Intelligibility in an Open Plan Office. Inter.noise 2014.
- Science4you. (2016). Science4you. Disponível em <https://brinquedos.science4you.pt/>
- Silva, R. M. C. (2014). *Avaliação Acústica de Edifícios Habitacionais - Análise dos Coeficientes de Ponderação Associados aos Índices de Desempenho Acústico de Habitações . Orientador : Professor Doutor Jorge Patrício , Investigador Principal*. Caparica: Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL.
- Simões, G. (2014). *Estudo do comportamento acústico de protótipo inovador para compartimentação modular interior*. Caparica: Faculdade de Ciências e Tecnologia/UNL.
- Trompette, N., & Chatillon, J. (2012). Survey of noise exposure and background noise in call centers using headphones. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 9(6), 381–6.
<http://doi.org/10.1080/15459624.2012.680852>
- Truewind. (2012). José de Mello Saúde. Disponível em <http://www.josedemellosaude.pt/>
- Upritz, V. I. W. K. (1998). Environmental psychology privacy in the work place: The impact of building design. *Journal of Environmental Psychology*, 341–356.
- Utami, S. S., Sarwono, J., Rochmadi, N. Al, & Suheri, N. (2014). Speech Privacy and Intelligibility in Open-Plan Offices as an Impact of Sound-Field Diffuseness. Inter.noise 2014.
- Young, S., & Brand, J. L. (2005). Effects of control over office workspace on perceptions of the work environment and work outcomes. <http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.08.001>

ANEXOS

ANEXO I – Inquérito Geral

INQUÉRITO

Este inquérito insere-se no âmbito da elaboração de uma dissertação de mestrado em Engenharia Civil sobre a temática da “Acústica em *open-space*”. A dissertação é desenvolvida na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. O objetivo desta investigação é contribuir para a melhoria das condições dos trabalhadores em ambientes com tipologia *open-space* face ao nível de ruído ambiente.

O inquérito é totalmente confidencial e anónimo. Trata-se de um inquérito breve, demorando cerca de 5 minutos a responder. Requer-se que as respostas sejam claras e objetivas de modo a permitir a obtenção de resultados válidos.

Como enquadramento temático, transcreve-se a definição de *open-space* utilizada no trabalho:

Open-space - trata-se de uma sala de trabalho comum a vários trabalhadores sem barreiras físicas, paredes divisórias ou biombos por exemplo, em que os funcionários estão agrupados ou individualizados por mesas (definição simplificada).

1 - Género:

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino

2 - Idade: _____

3 - Trabalha em *open-space*?

- Sim
- Não

(Se respondeu não à questão anterior, o inquérito termina aqui para si pelo facto de não se inserir no âmbito da investigação, obrigado.)

4 - Trabalha em *open-space*, mas com função de “call center” com “cabines” ou espaços individualizados com barreiras físicas?

- Sim
- Não

(Se respondeu sim à questão anterior, o inquérito termina aqui para si pelo facto de não se inserir no âmbito da investigação, obrigado.)

5 - Número total de trabalhadores do seu *open-space*?
(Caso não consiga quantificar, indique um número aproximado.)

6 – Quantos funcionários tem a sua “ilha” de trabalho (mesa ou conjunto de mesas de trabalho, no total contando consigo)?

7 – O tampo da sua mesa de trabalho é revestido a que material?

- ☐ Madeira
- ☐ Metal
- ☐ Material sintético (plastificado, liso e impermeável)
- ☐ Não sei descrever

8 – No seu *open-space*, o teto é plano?

- ☐ Sim, o teto tem a mesma altura em toda a área da sala
- ☐ Não, o teto tem diferentes alturas ao longo da sala
- ☐ Não sei descrever

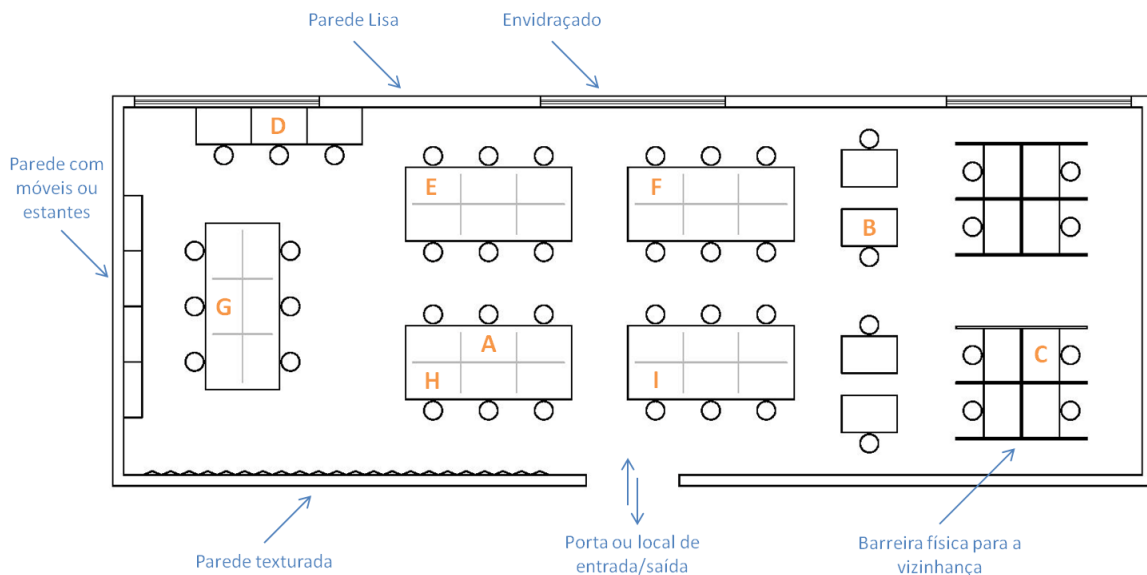
9 - Como descreve o teto do seu *open-space*?

- ☐ Teto liso (aparência semelhante a uma parede lisa)
 - ☐ Teto falso não perfurado;
 - ☐ Teto falso perfurado;
 - ☐ Teto com relevos ou revestido com material absorvente (cortiça, texturas, madeira, etc...);
 - ☐ Outra situação:
- _____
- ☐ Não sei descrever

10 - Como descreve o revestimento do pavimento (chão) do seu *open-space*?
(escolha uma única opção)

- ☐ Alcatifa ou material têxtil
- ☐ Madeira
- ☐ Moisaico ou ladrilho cerâmico
- ☐ Cortiça
- ☐ Material vinílico/sintético (material plastificado, liso e impermeável)
- ☐ Outra situação: _____
- ☐ Não sei descrever

11 – Qual o seu posicionamento no *open-space*?



Olhe para a imagem legendada representativa de um *open-space* e escolha uma das opções que se seguem à mesma (escolha uma única opção)

- ☐ A - Encontra-se situado numa mesa no meio de outras mesas de outros colegas de trabalho (sem parede atrás de si)
- ☐ B - Encontra-se numa mesa individual no meio de outras mesas individuais (sem parede atrás de si)
- ☐ C - Encontra-se numa mesa separada por barreiras físicas para a vizinhança (sem parede atrás de si)
- ☐ D – Encontra-se de frente para uma parede/envidraçado
- ☐ E - Atrás de si tem uma parede lisa
- ☐ F - Tem um envidraçado atrás de si com persianas ou “*blackout*”
- ☐ G - Atrás de si tem uma parede com móveis de arrumação ou estantes, com uma altura superior à sua quando se encontra sentada

- ☐ H - Atrás de si tem uma parede texturada ou revestida com um material isolador (cortiça, relevos, madeira, etc...)
- ☐ I - Encontra-se situado junto a uma porta ou local de saída
- ☐ Outra situação: _____
- ☐ Não sei descrever

12 – Qual o seu grau de satisfação em relação à sua atual localização no seu *open-space*?

- ☐ Muito insatisfeito
- ☐ Insatisfeito
- ☐ Indiferente
- ☐ Satisfeito
- ☐ Muito satisfeito

13 - Indique duas vantagens/aspetos que considera positivos em trabalhar em *open-space* (selecione apenas duas opções):

- ☐ Facilidade em comunicar com os restantes colegas da sua equipa.
- ☐ Maior produtividade e eficácia da equipa de trabalho.
- ☐ Maior rendimento pessoal por menos distração com questões pessoais (por exemplo devido à falta de privacidade).
- ☐ Condições e ambiente de trabalho iguais para todos os trabalhadores.
- ☐ Possibilidade de conhecer e conviver com os seus colegas de trabalho.

14 - Indique duas desvantagens/aspetos que considera negativos em trabalhar em *open-space* (selecione apenas duas opções):

- ☐ Sensação de ruído (“sensação de barulho”) durante todo o horário de trabalho.
- ☐ Menor produtividade e rendimento por interrupções constantes.
- ☐ Distração por movimento de pessoas.
- ☐ Distração por conversas paralelas.
- ☐ Falta de privacidade.
- ☐ Desconforto físico motivado pela secretária ou cadeira de escritório.
- ☐ Desconforto térmico, variação da temperatura ambiente da sala.
- ☐ Insegurança, objetos pessoais mais expostos e visíveis.
- ☐ Iluminação insuficiente ou deficiente.

15 - Como avalia o ruído ambiente do seu *open-space*?

- ☐ Nada incomodativo
- ☐ Ligeiramente incomodativo
- ☐ Moderadamente incomodativo
- ☐ Muito incomodativo
- ☐ Extremamente incomodativo

16 – Que ruído o incomoda mais no seu local de trabalho? (escolha uma única opção)

- ☐ Conversa entre colegas de trabalho.
- ☐ Música de outros colegas de trabalho.
- ☐ Telemóveis a tocar ou colegas de trabalho ao telemóvel.
- ☐ Toques de telefones do serviço ou funcionários ao telefone de serviço.
- ☐ Equipamento de aquecimento ou arrefecimento (ar condicionado, por exemplo).
- ☐ Nenhum.
- ☐ Outro: _____

17 - Em que altura do dia sente maior ruído no seu local de trabalho? (escolha uma única opção)

- ☐ Chegada ao trabalho
- ☐ Manhã
- ☐ Aproximação à hora de almoço
- ☐ Após a hora de almoço
- ☐ Tarde
- ☐ Fim do dia, próximo da hora de saída
- ☐ Durante todo o dia
- ☐ Não consigo identificar

18 - Indique uma hora do dia, aproximada, que considera que haja mais ruído no seu local de trabalho: ____h____m

19 - Usa auriculares enquanto trabalha?

- ☐ Sim
- ☐ Não

20 – Se respondeu sim à pergunta anterior, indique o motivo:

21 – Qual o seu grau de satisfação em trabalhar nesta tipologia de espaço?

- ☐ Muito insatisfeito
- ☐ Insatisfeito
- ☐ Indiferente
- ☐ Satisfeito
- ☐ Muito satisfeito
- ☐ Nunca experienciei outra tipologia

22 - Pretende receber as conclusões deste inquérito?

- ☐ Sim
- ☐ Não

23 - Se respondeu sim à questão anterior, introduza o seu endereço de *e-mail*:

(Ao responder a este campo, perde o seu anonimato podendo ser reconhecido pelo seu endereço de e-mail. No entanto, saliento que o mesmo apenas será usado para transmitir as conclusões do presente inquérito.)

FIM

O inquérito termina aqui, obrigado pela sua colaboração!

Caso pretenda deixar alguma observação ou sugestão, indique neste campo:

ANEXO II – Inquérito Geral - Gráficos

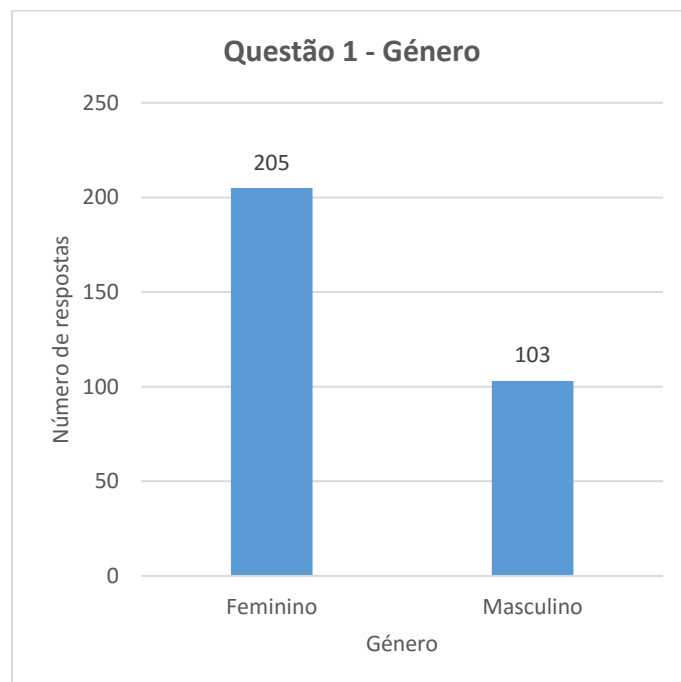


Figura II. 1 – Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 1

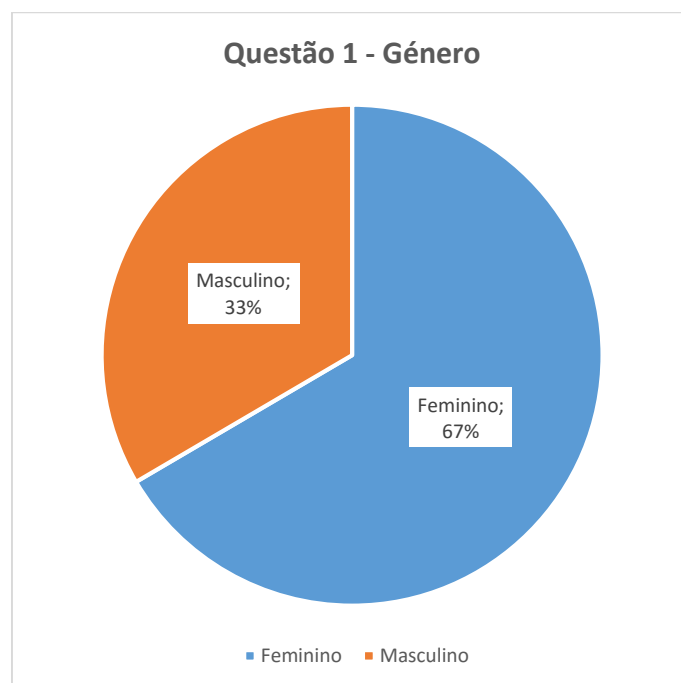


Figura II. 2 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 1 (%)

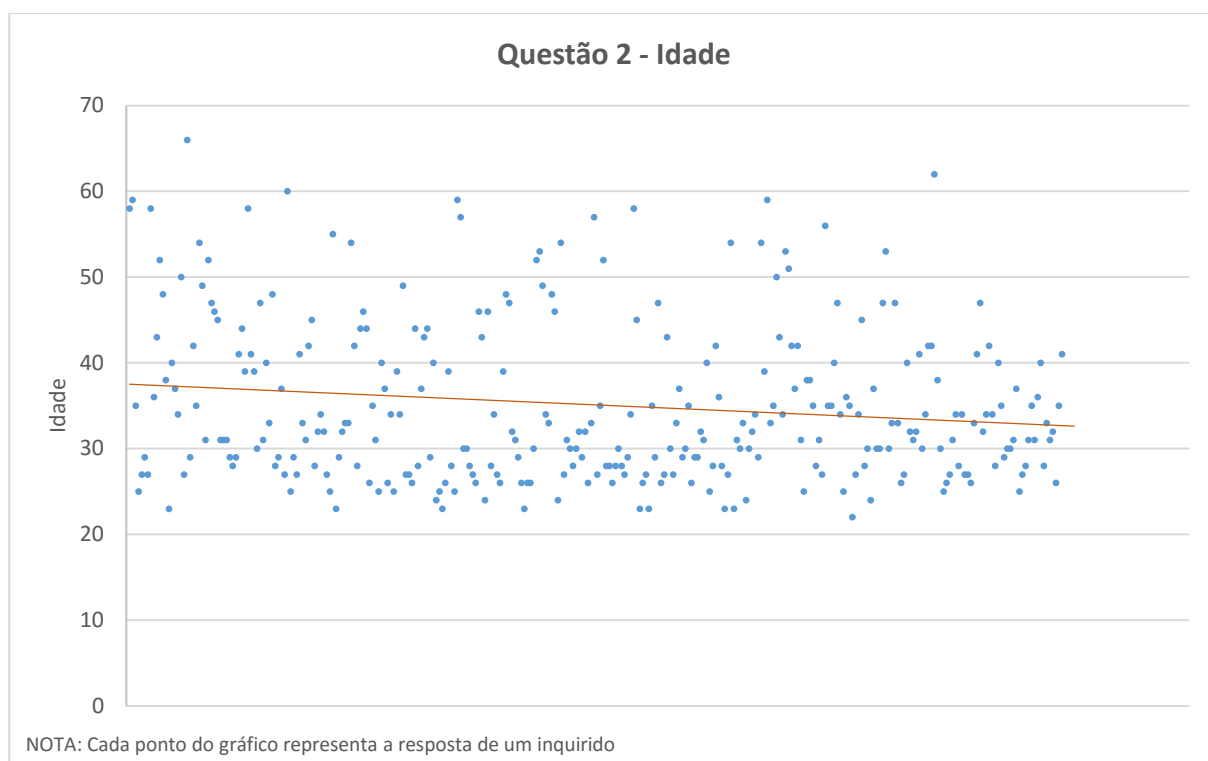


Figura II. 3 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 2

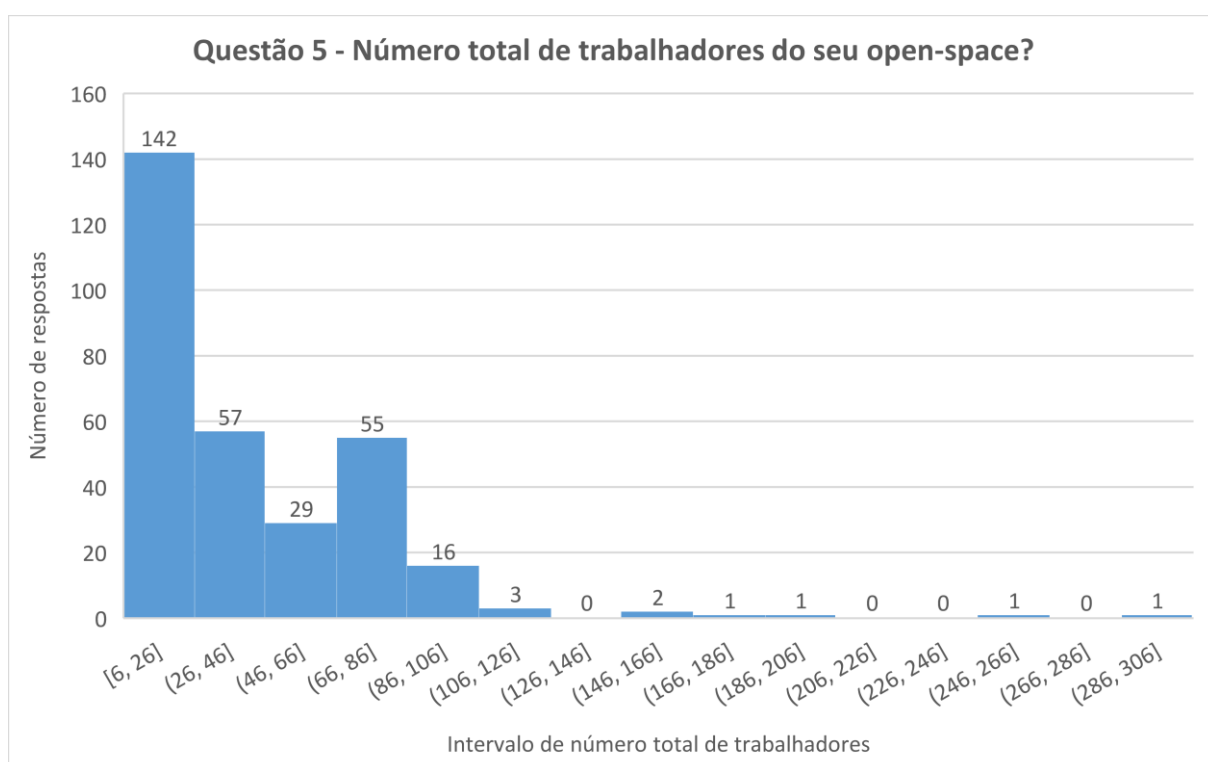


Figura II. 4 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 5

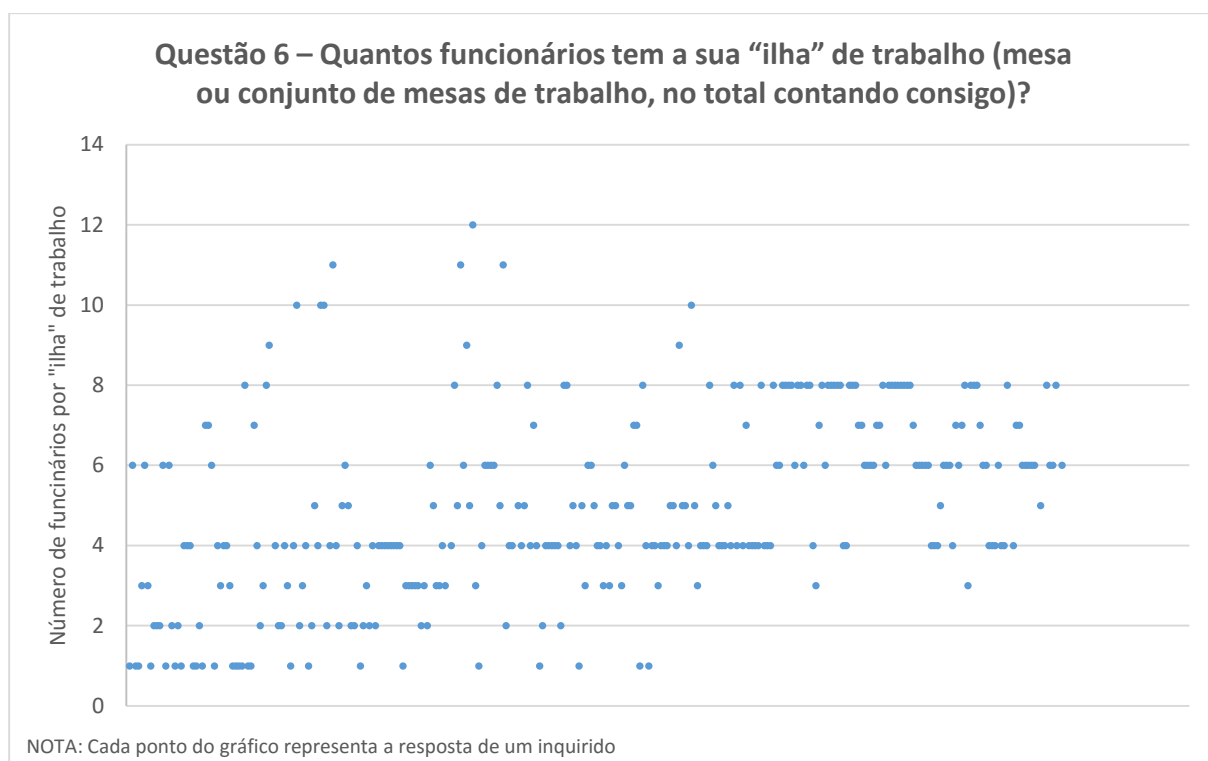


Figura II. 5 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 6

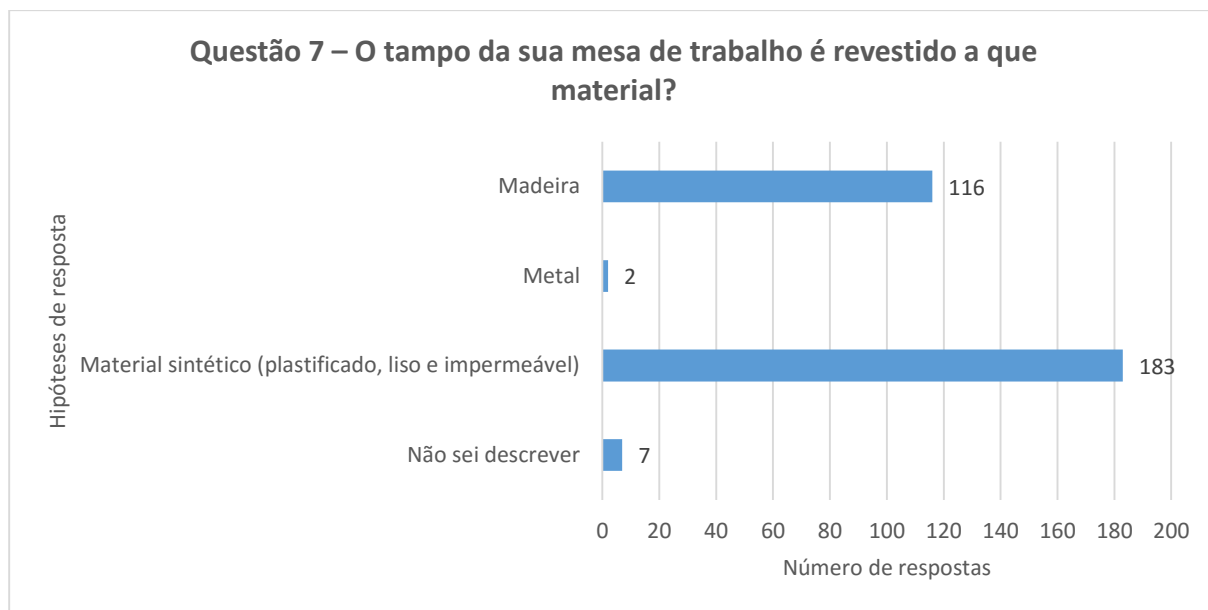


Figura II. 6 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 7

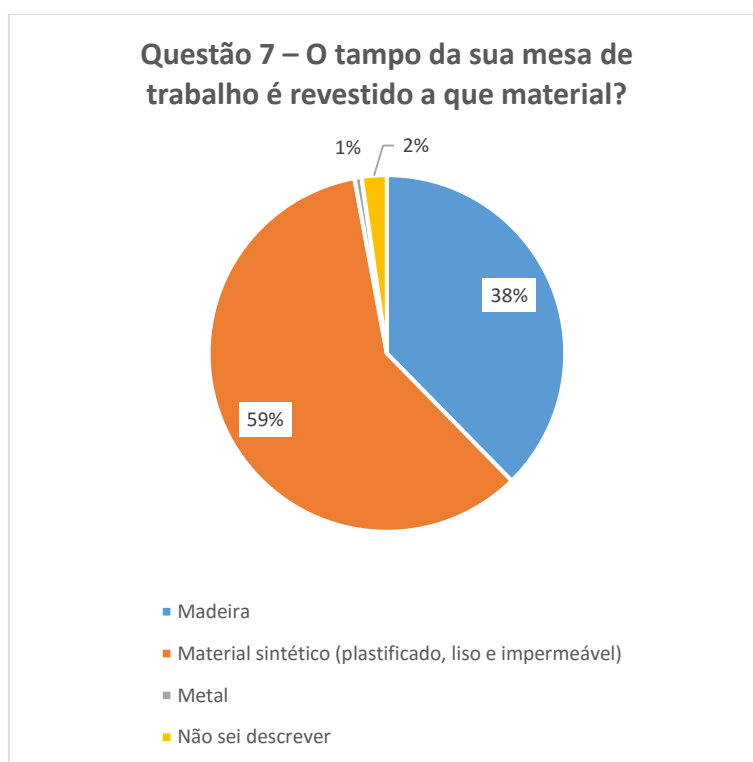


Figura II. 7 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 7 (%)

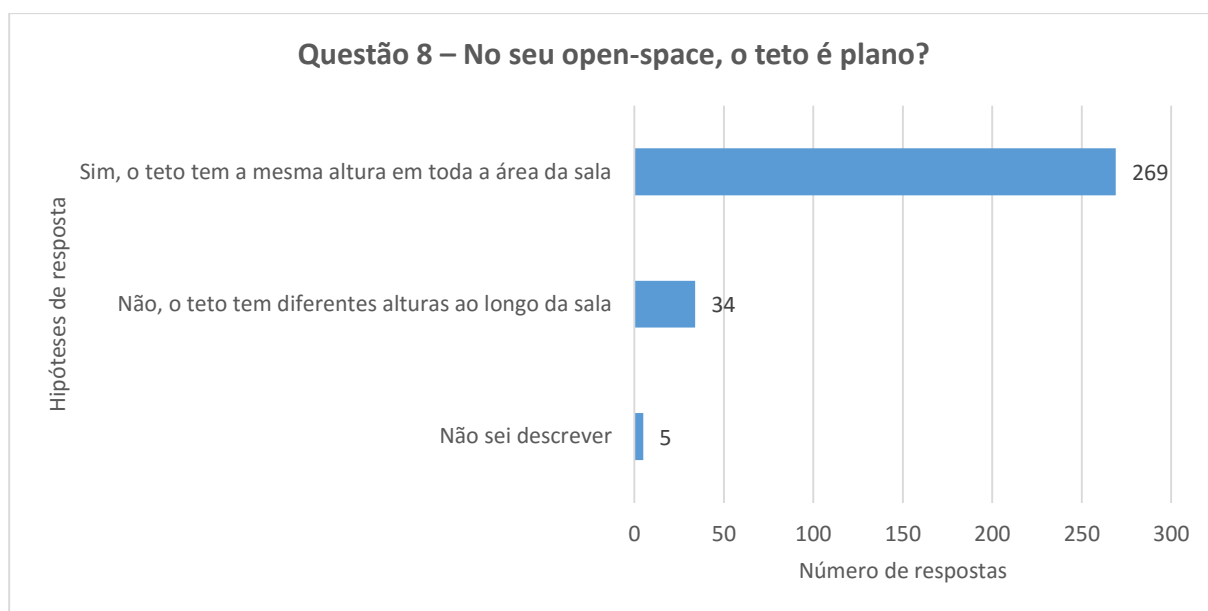


Figura II. 8 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 8

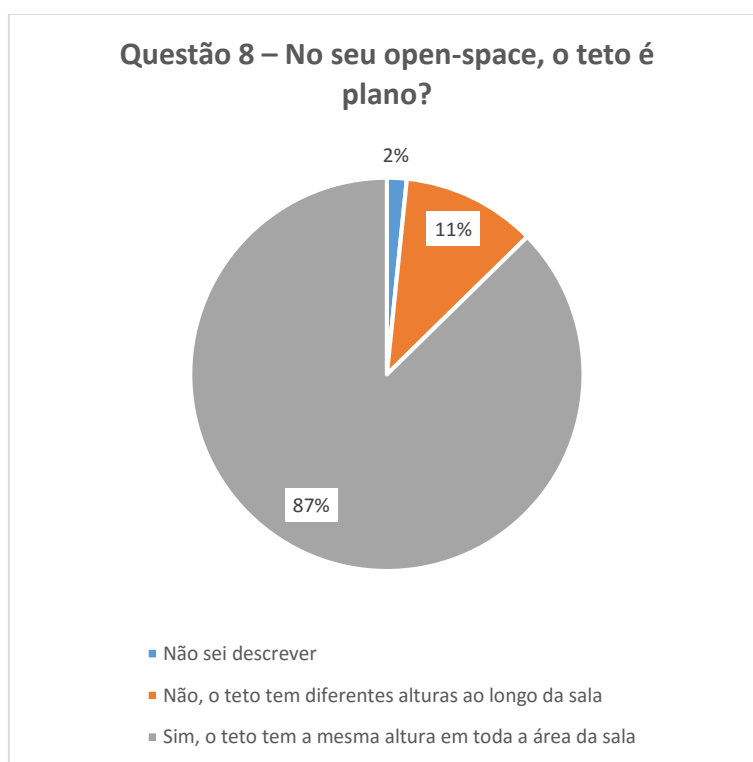


Figura II. 9 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 8 (%)

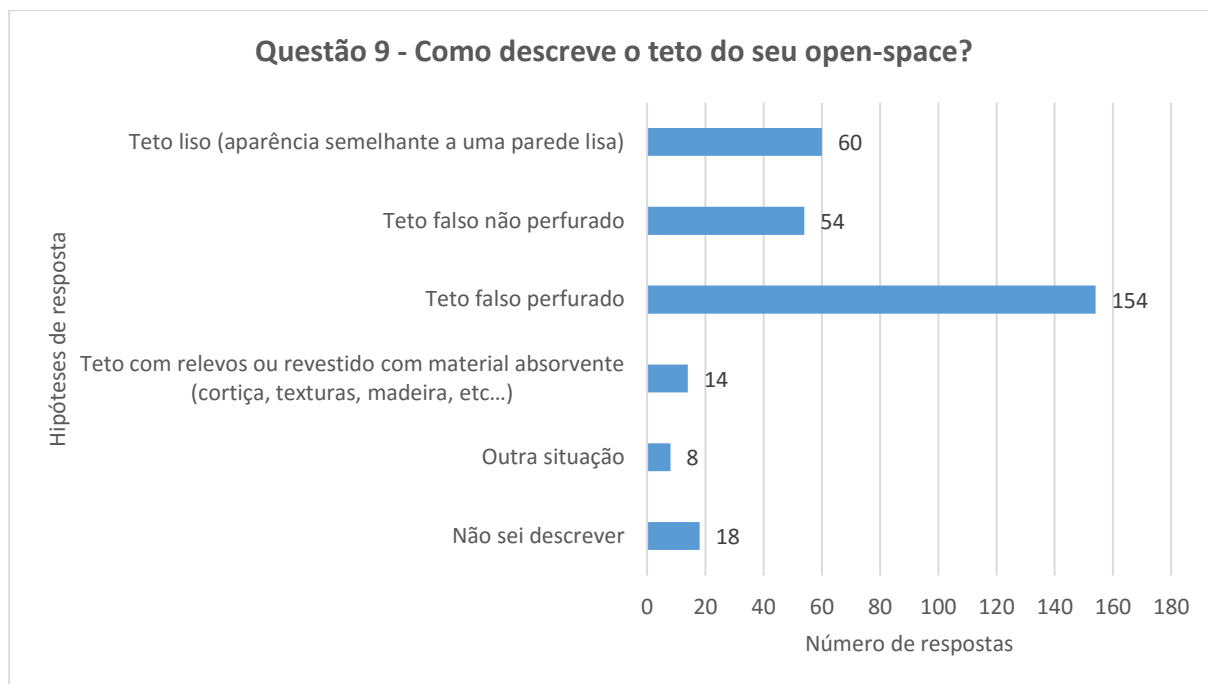


Figura II. 10 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 9



Figura II. 11 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 9 (%)

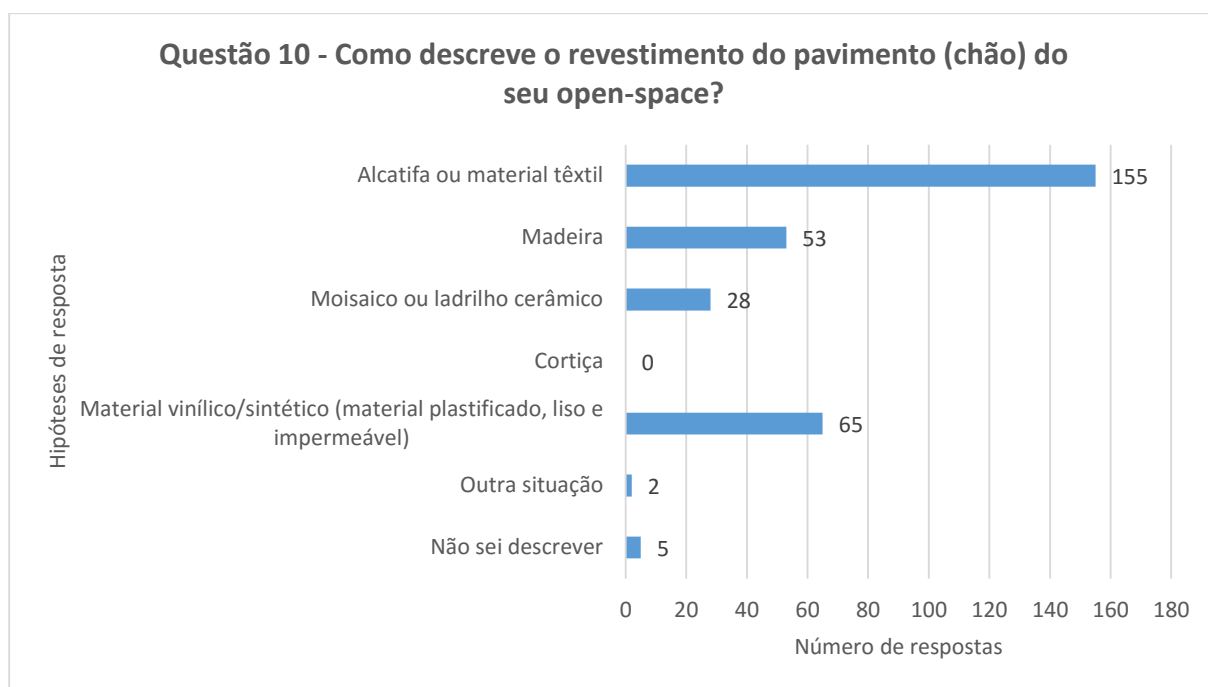


Figura II. 12 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 10

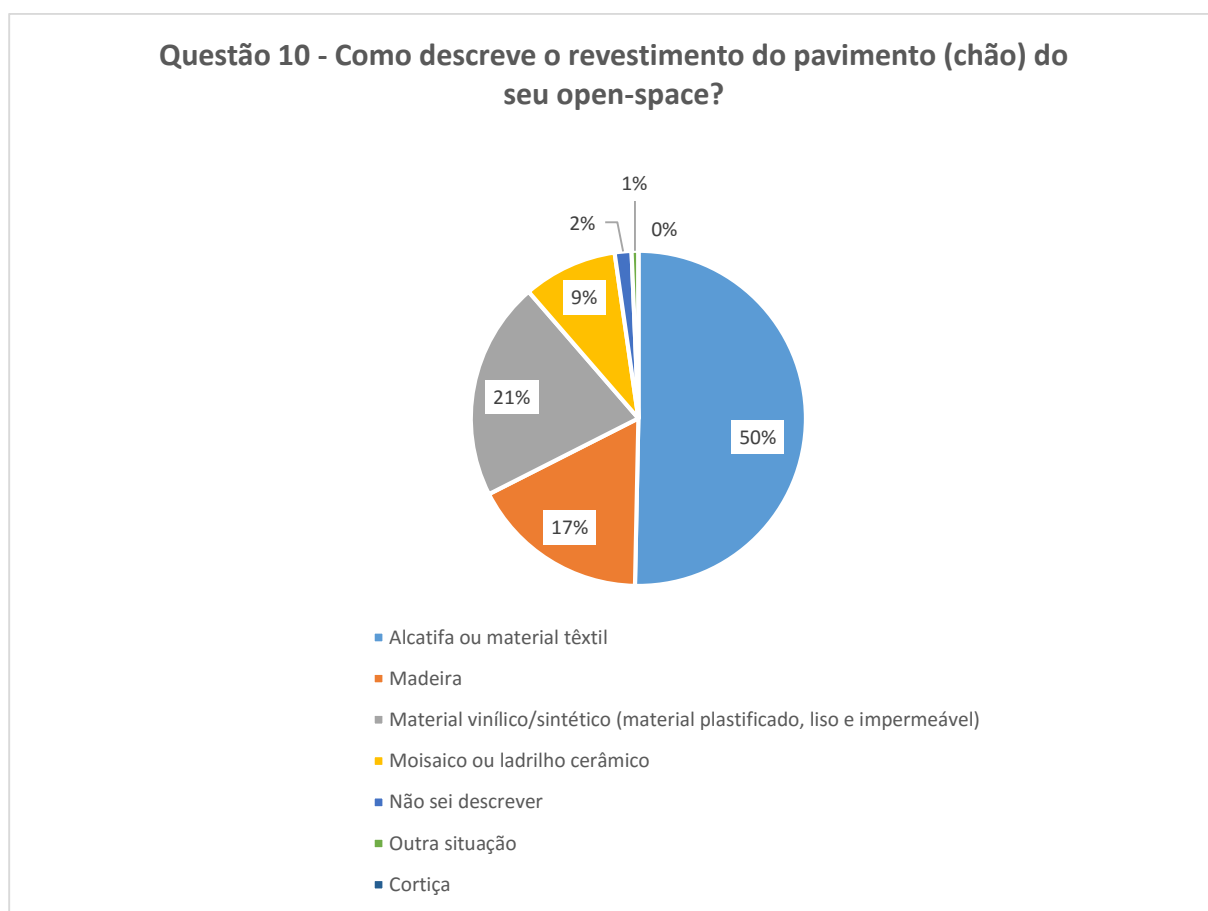


Figura II. 13 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 10 (%)

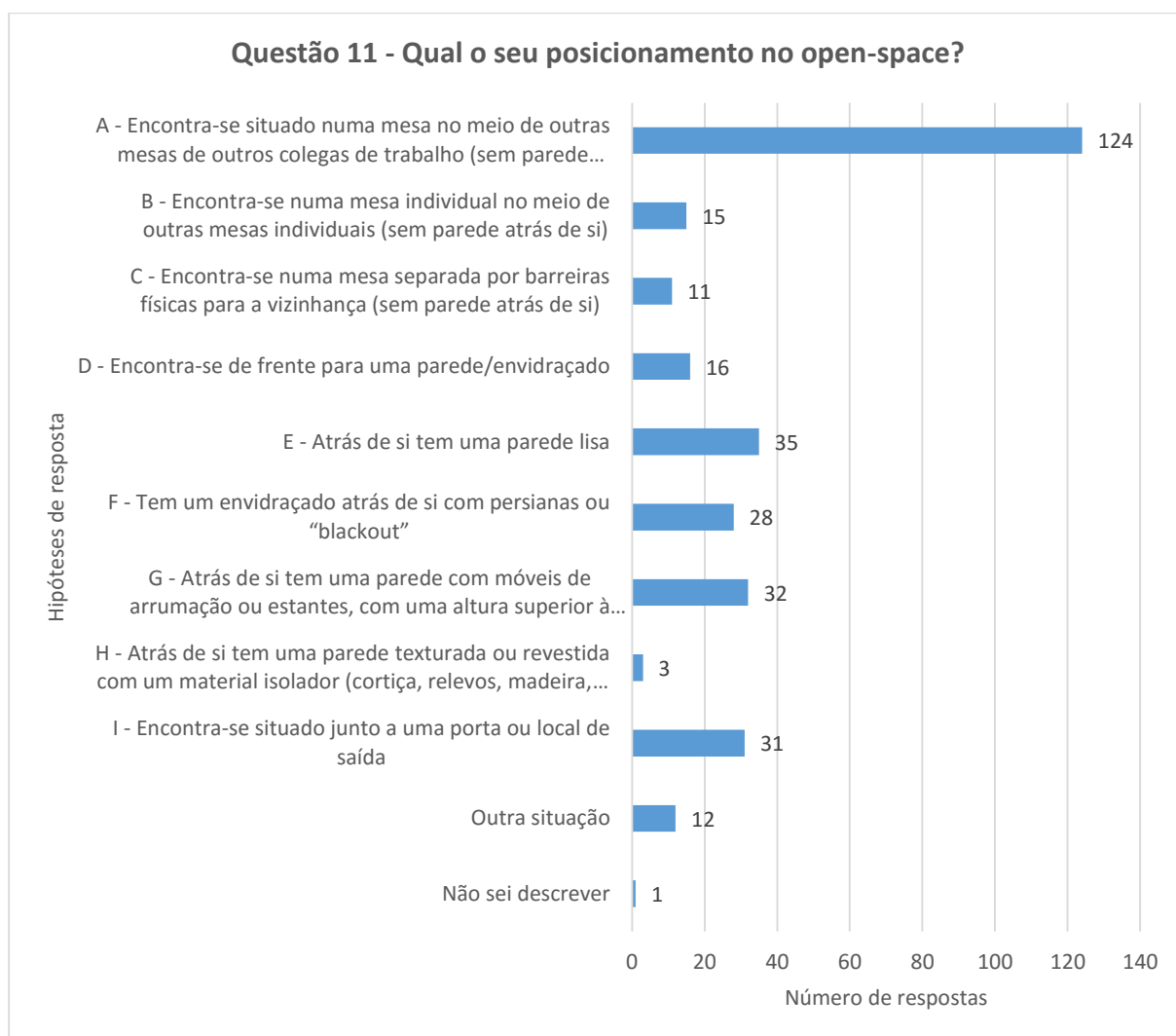
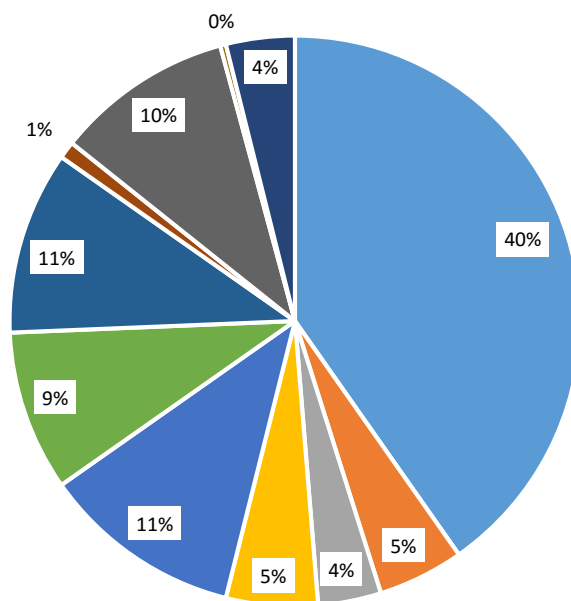


Figura II. 14 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 11

Questão 11 - Qual o seu posicionamento no open-space?



- A - Encontra-se situado numa mesa no meio de outras mesas de outros colegas de trabalho (sem parede atrás de si)
- B - Encontra-se numa mesa individual no meio de outras mesas individuais (sem parede atrás de si)
- C - Encontra-se numa mesa separada por barreiras físicas para a vizinhança (sem parede atrás de si)
- D - Encontra-se de frente para uma parede/envidraçado
- E - Atrás de si tem uma parede lisa
- F - Tem um envidraçado atrás de si com persianas ou "blackout"
- G - Atrás de si tem uma parede com móveis de arrumação ou estantes, com uma altura superior à sua quando se encontra sentado
- H - Atrás de si tem uma parede texturada ou revestida com um material isolador (cortiça, relevos, madeira, etc...)
- I - Encontra-se situado junto a uma porta ou local de saída
- Não sei descrever
- Outra situação

Figura II. 15 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 11 (%)

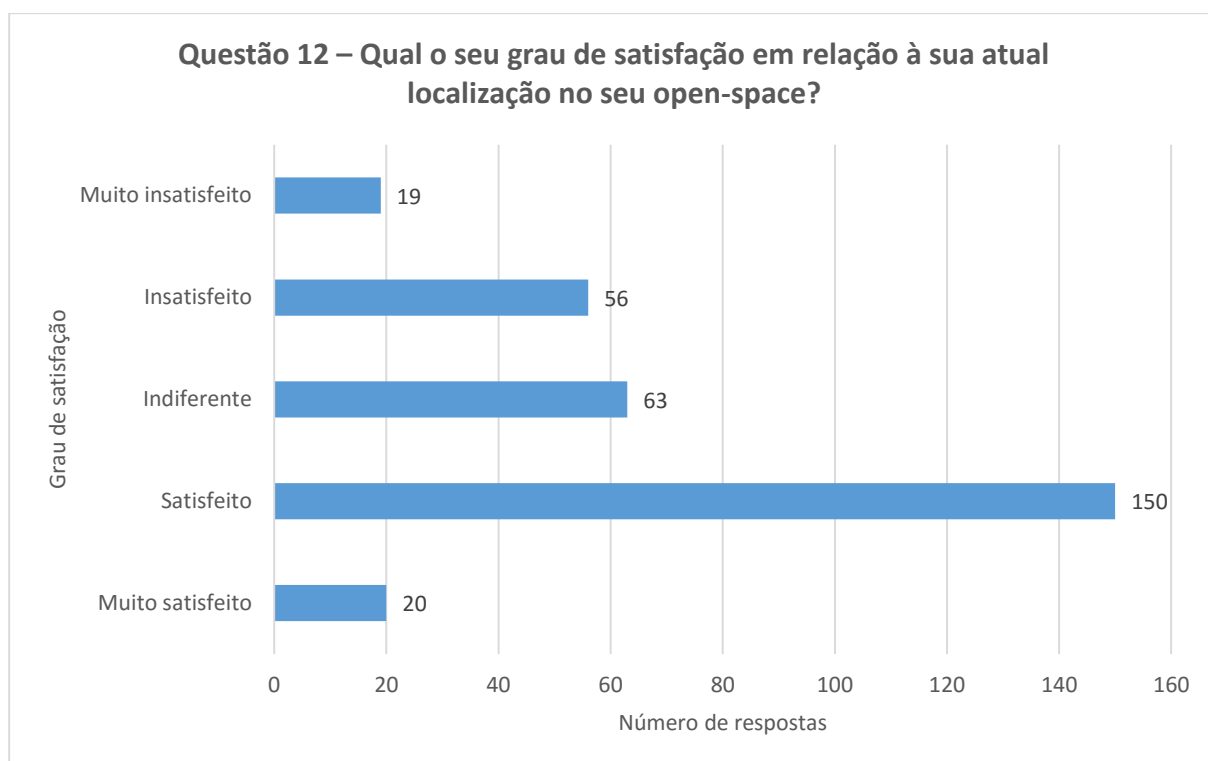


Figura II. 16 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 12

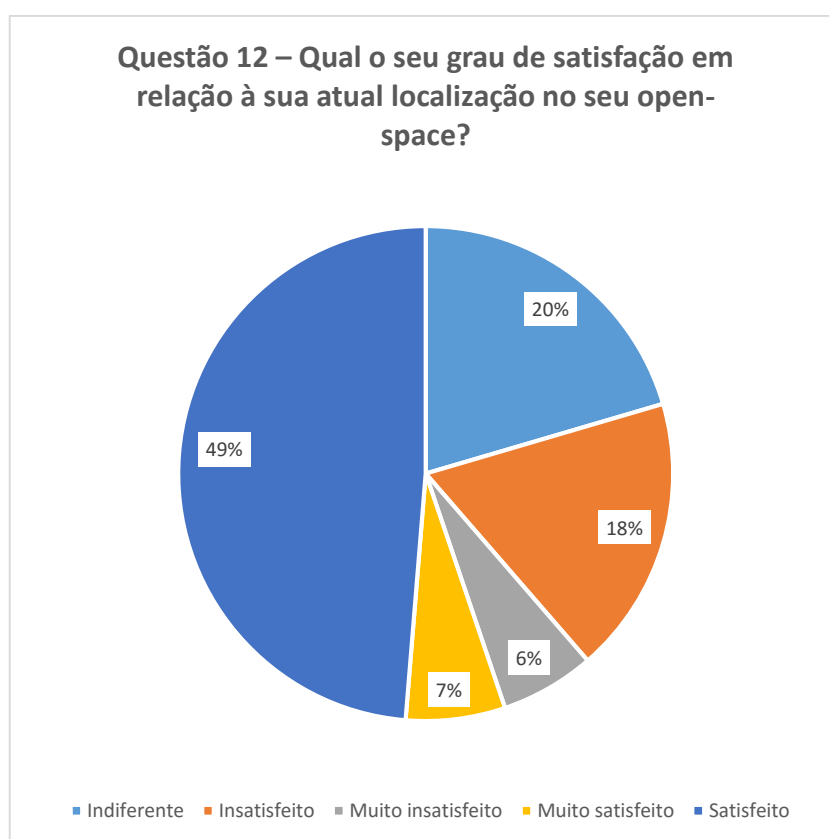


Figura II. 17 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 12 (%)

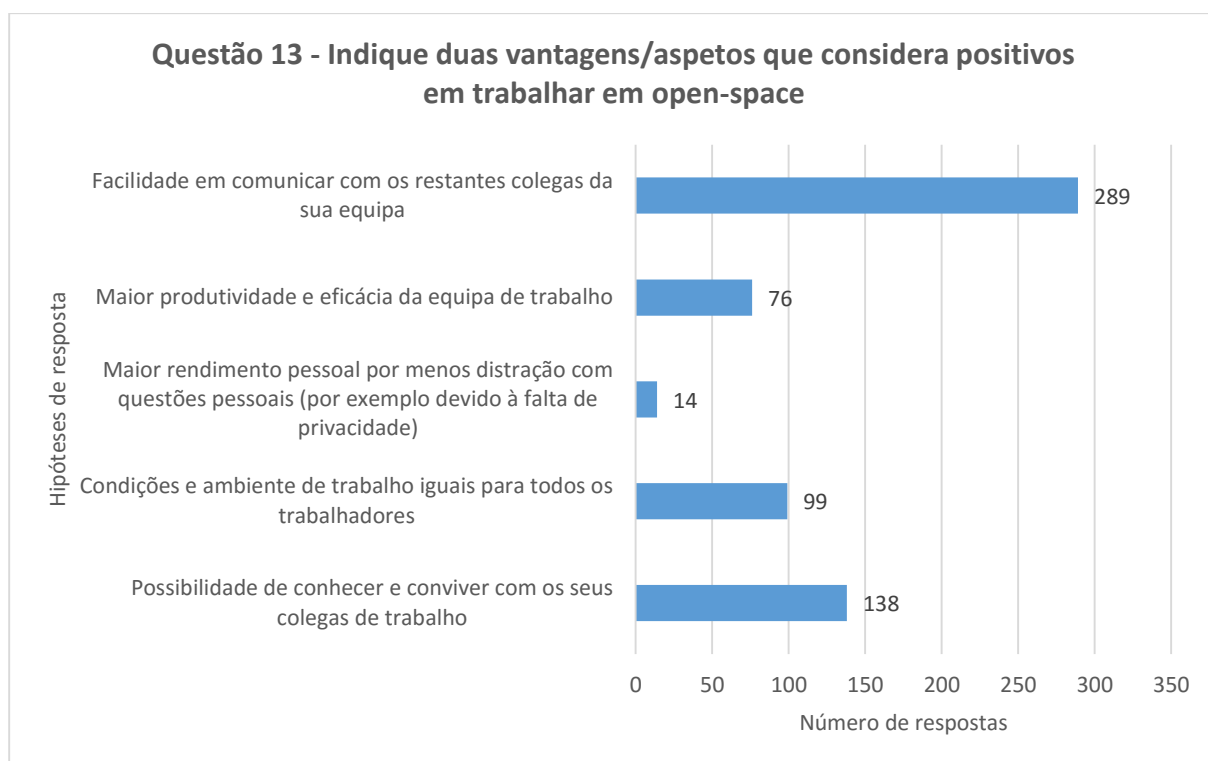


Figura II. 18 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 13

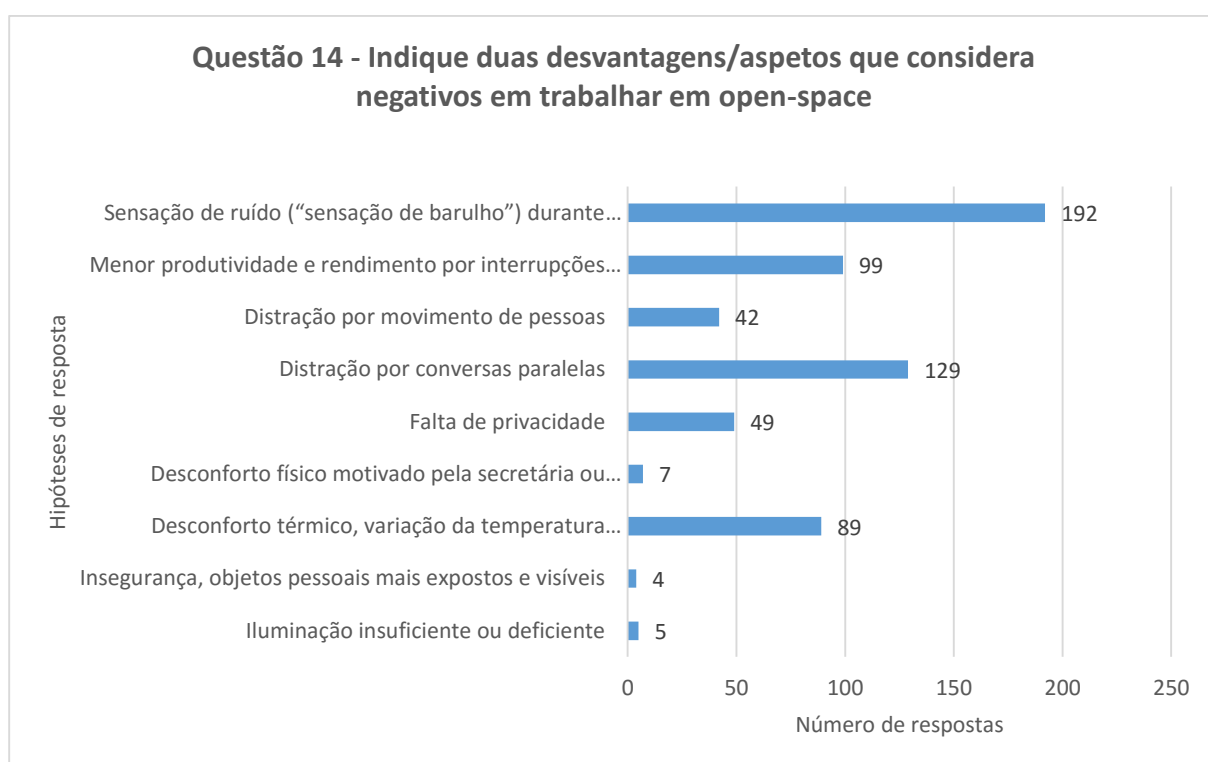


Figura II. 19 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 14

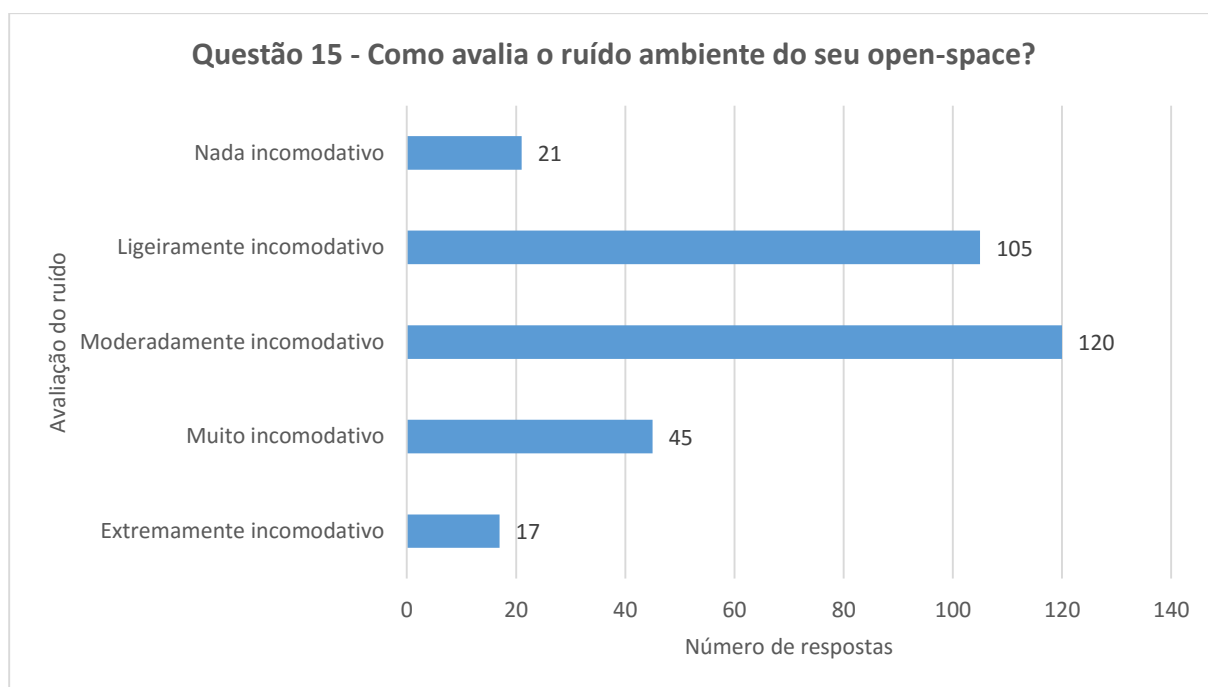


Figura II. 20 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 15

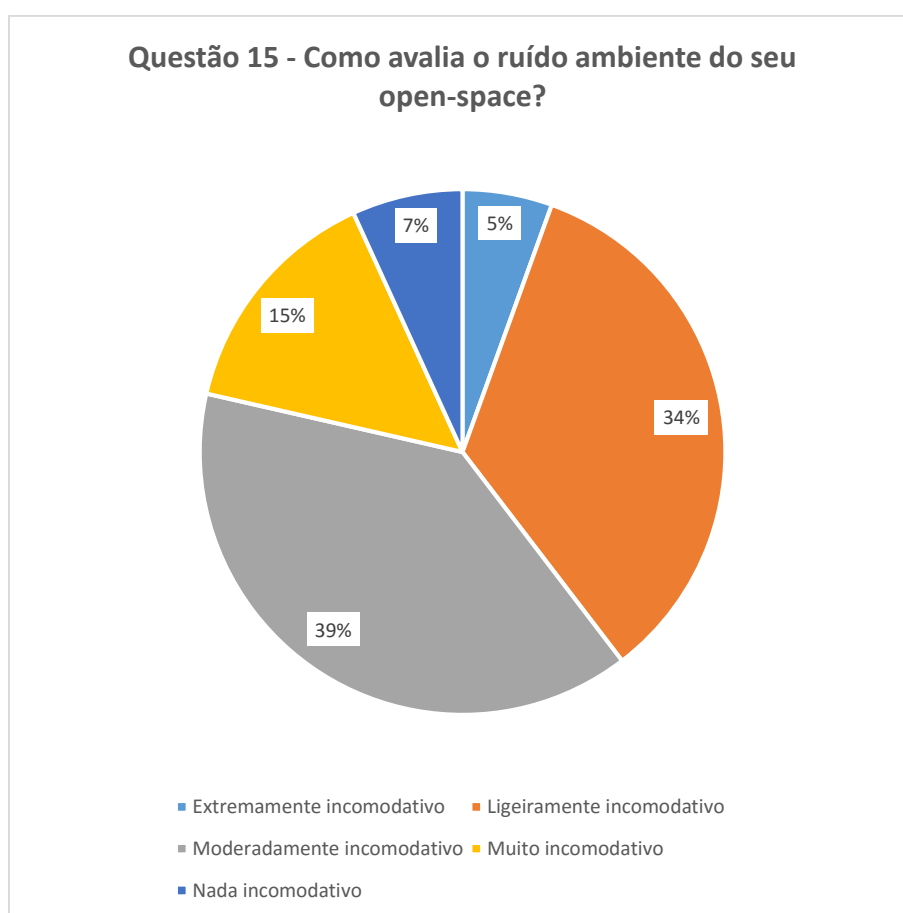


Figura II. 21 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 15 (%)

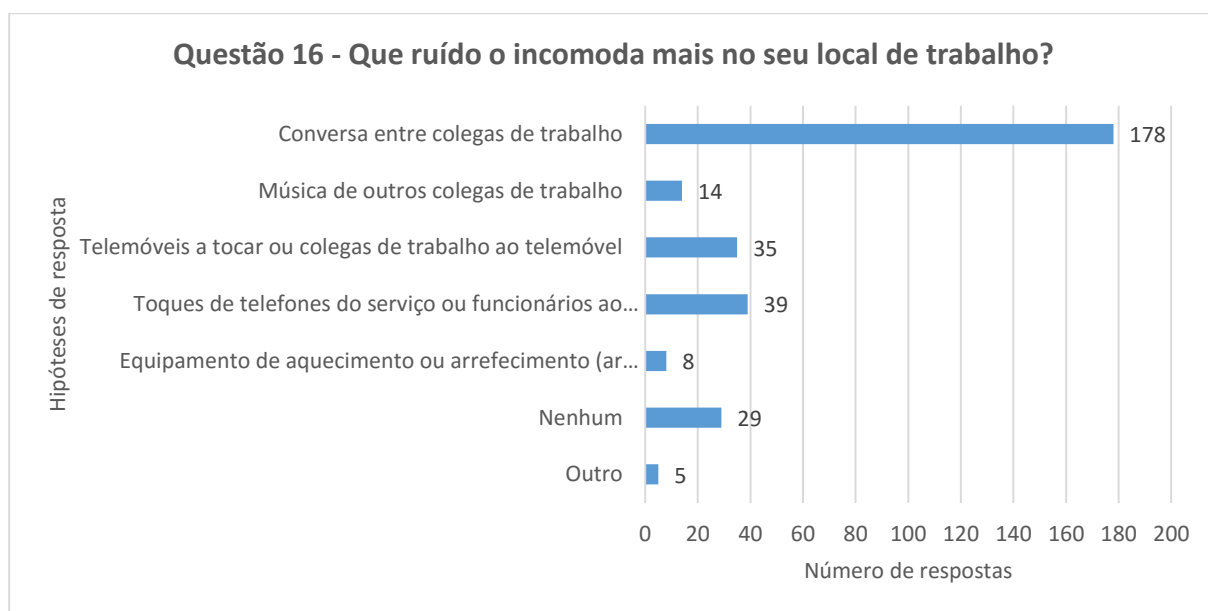


Figura II. 22 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 16

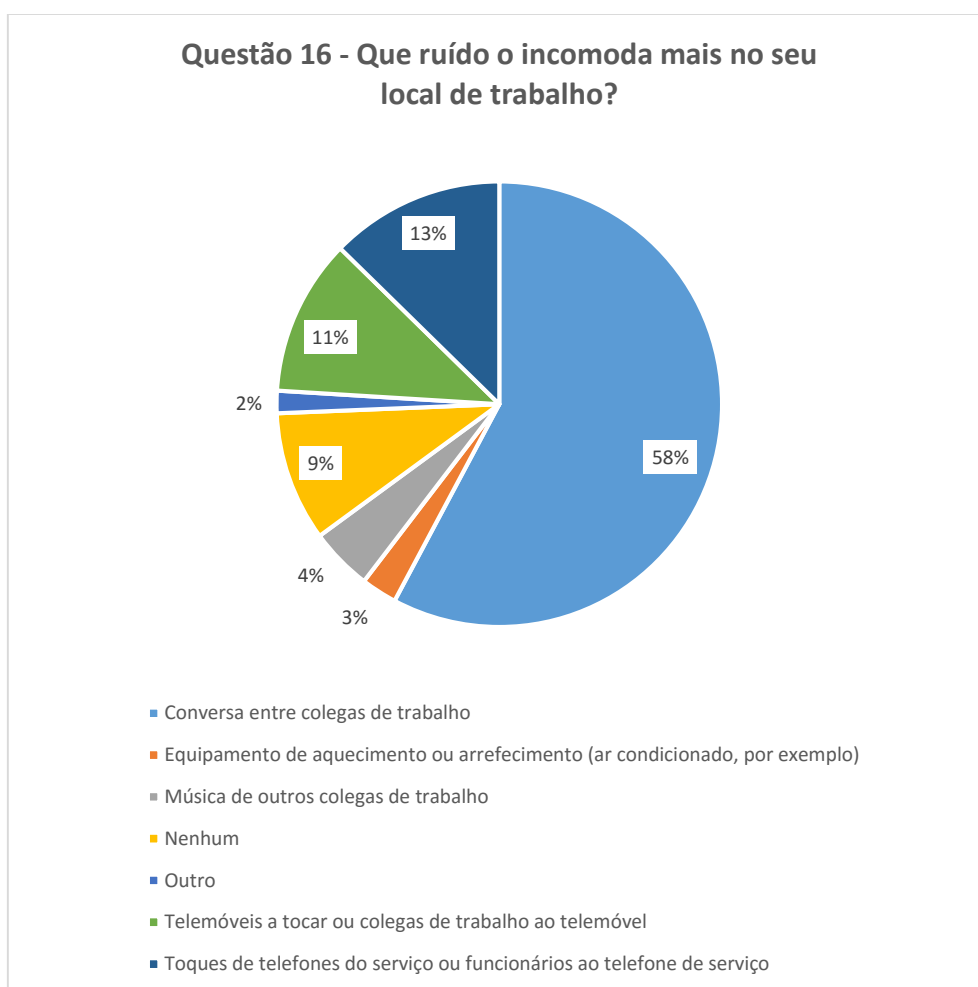


Figura II. 23 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 16 (%)

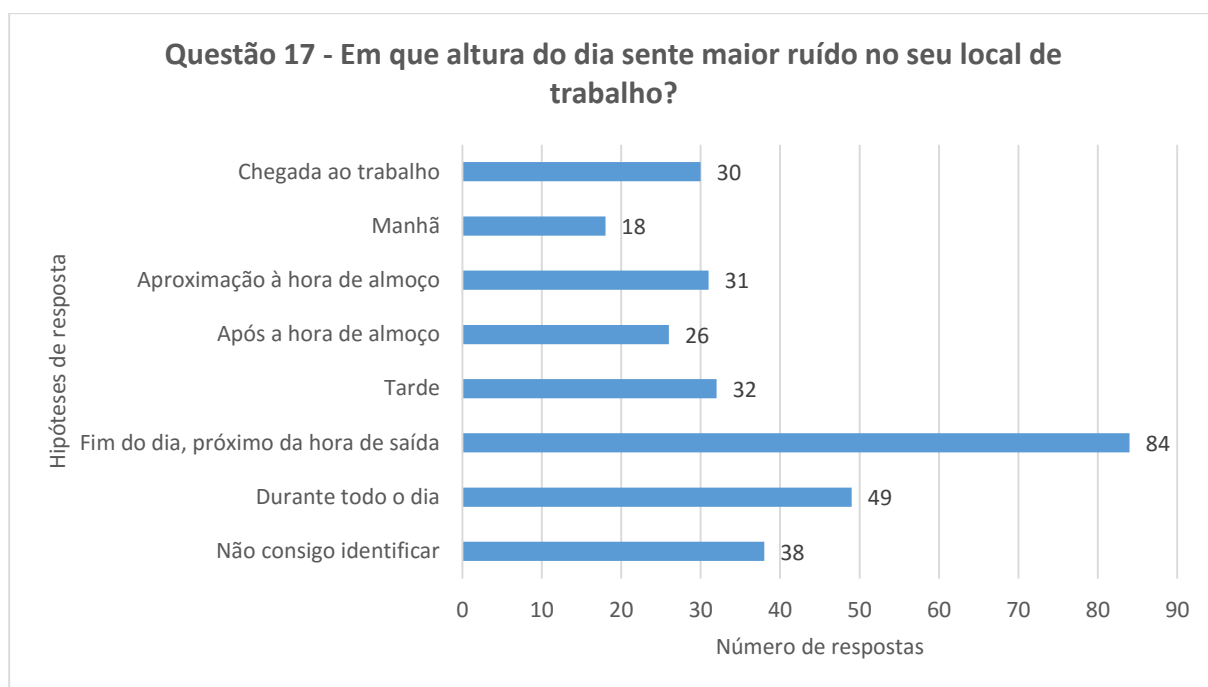


Figura II. 24 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 17

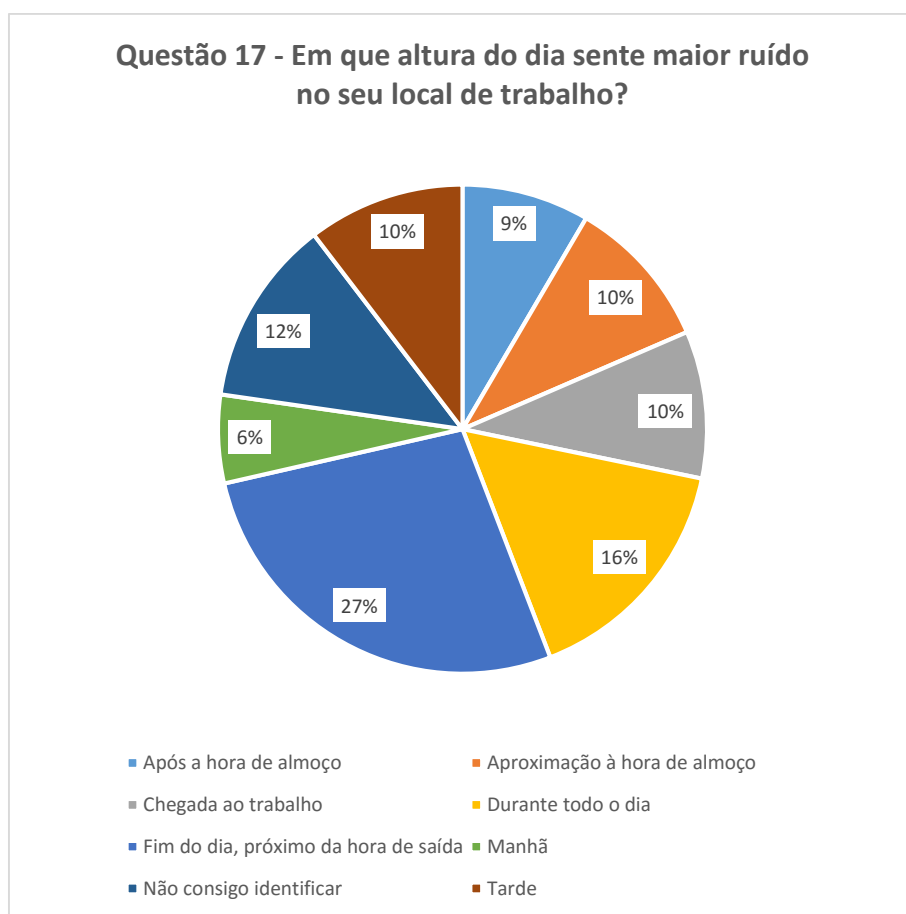


Figura II. 25 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 17 (%)

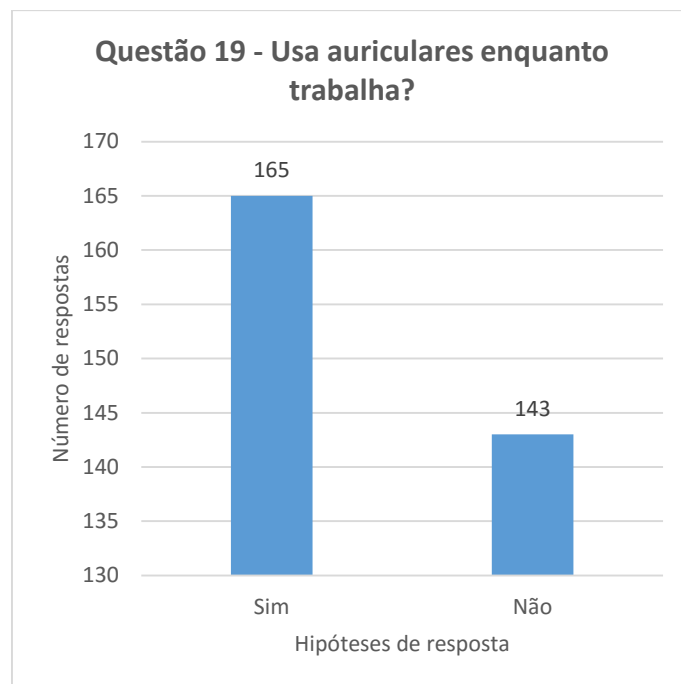


Figura II. 26 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 19

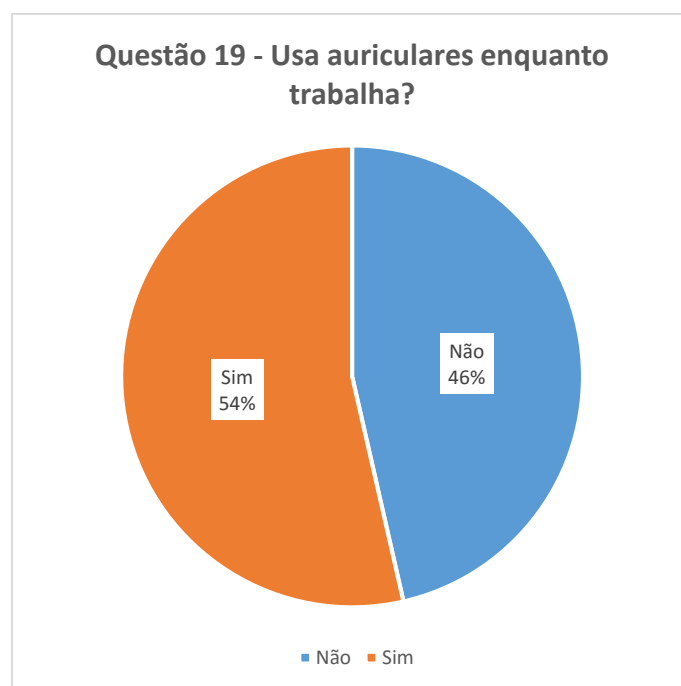


Figura II. 27 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 19 (%)

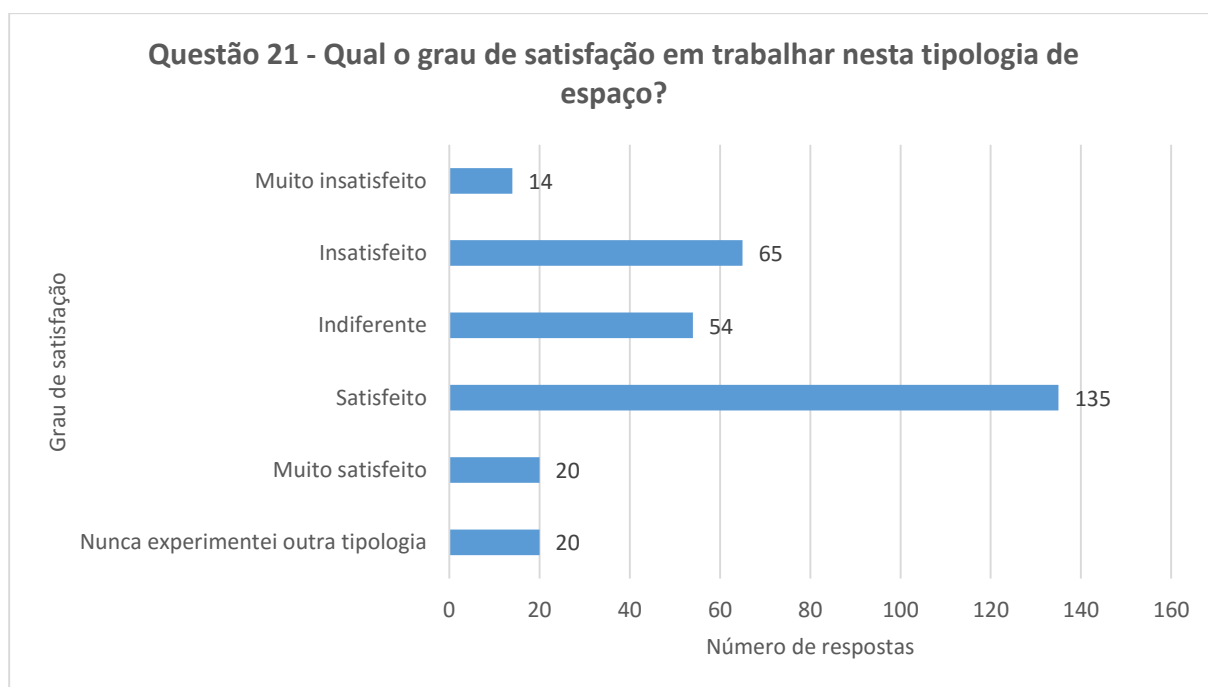


Figura II. 28 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 21

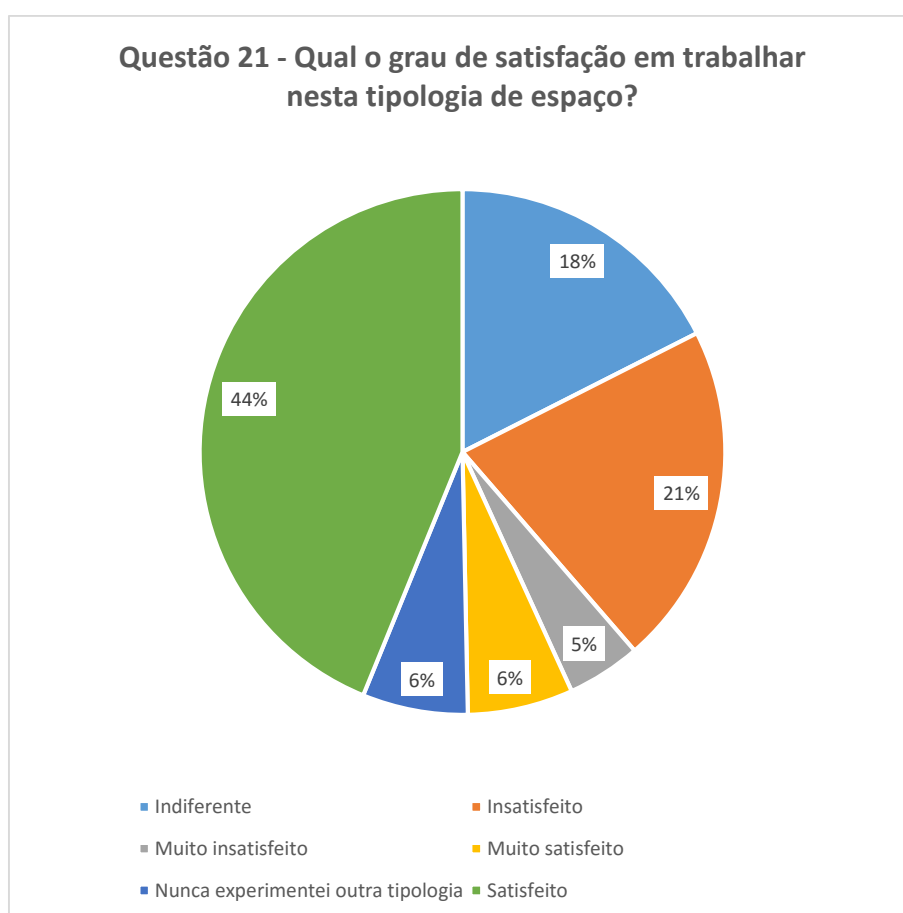


Figura II. 29 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 21 (%)

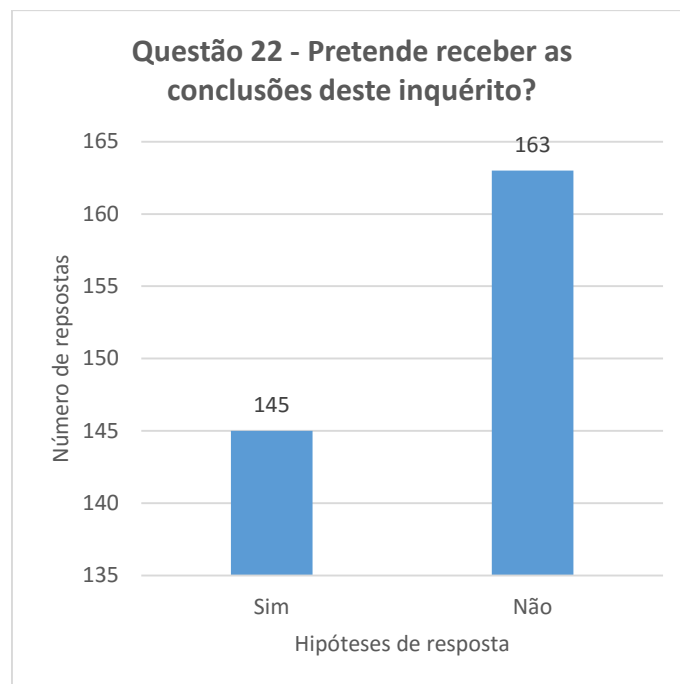


Figura II. 30 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 22

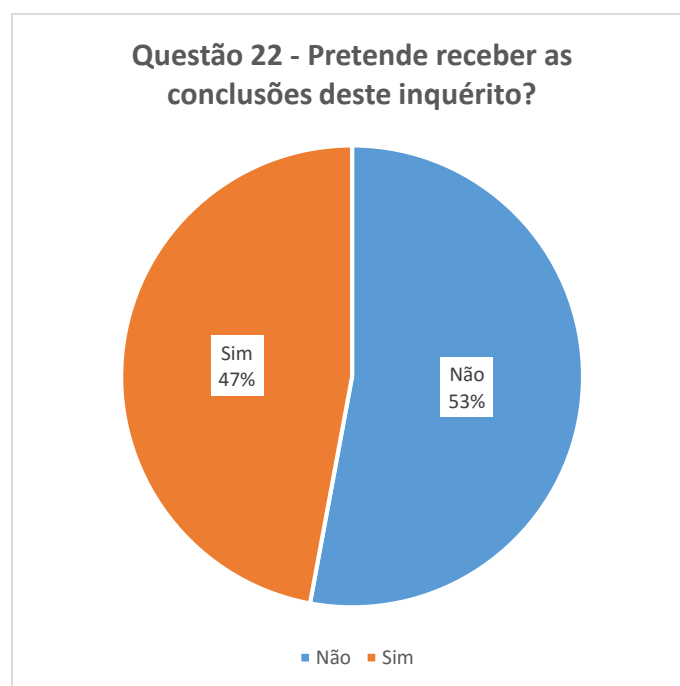


Figura II. 31 - Gráfico referente ao Inquérito Geral – Questão 22 (%)

ANEXO III – Empresas caso de estudo - Esquema representativo das plantas dos *open-space*

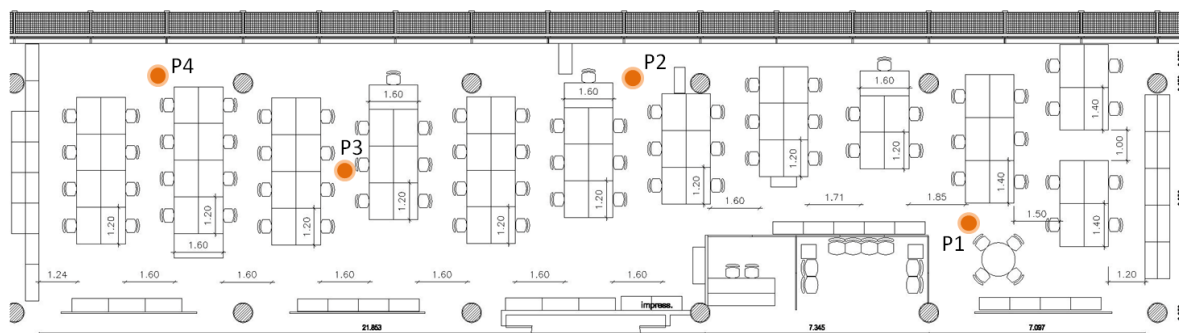


Figura III. 1 – Esquema representativo da planta do open-space da Empresa A (Fonte: Imagem cedida pela empresa José de Mello Saúde)

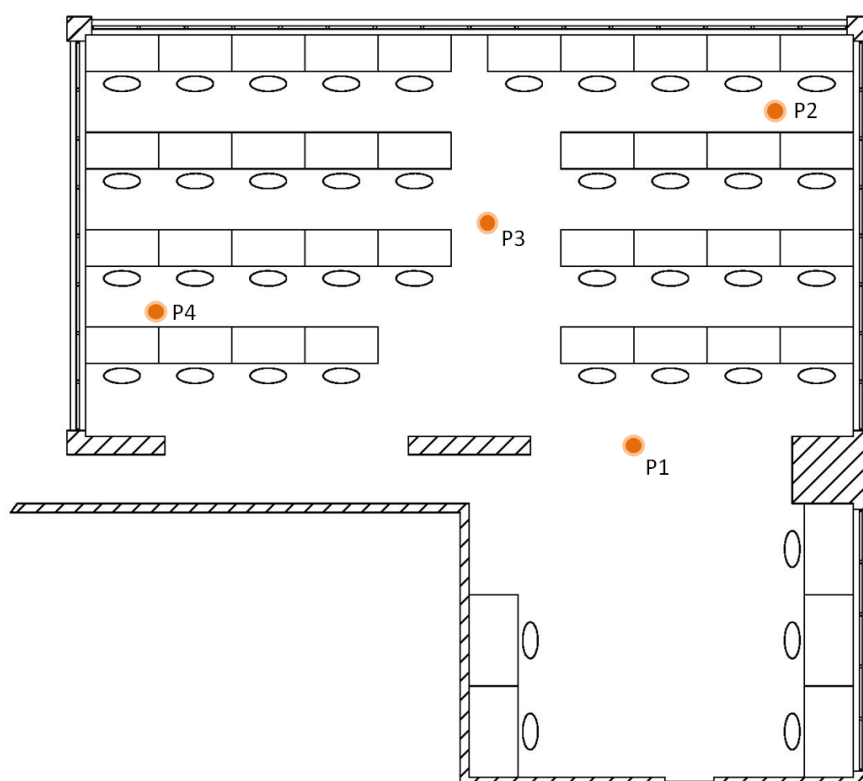


Figura III. 2 - Esquema representativo da planta do open-space da Empresa B

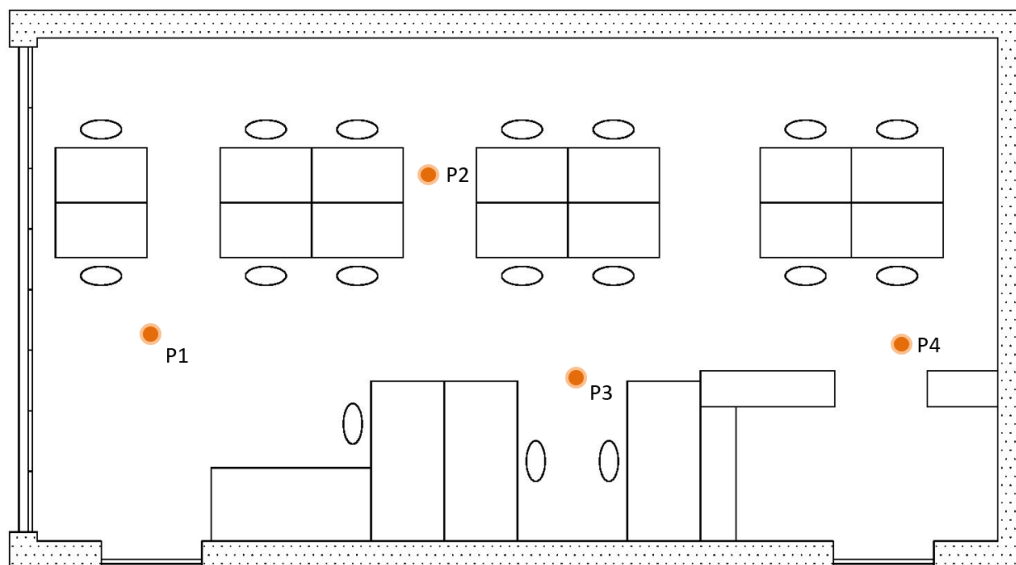


Figura III. 3 - Esquema representativo da planta do open-space da Empresa C

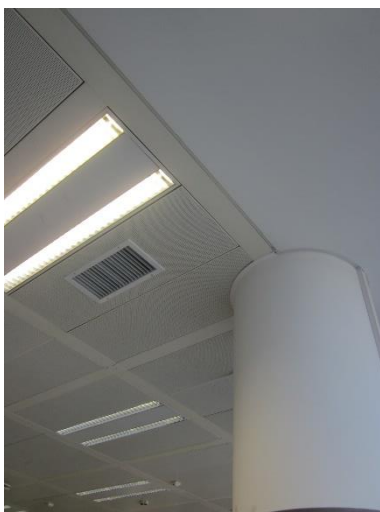
ANEXO IV – Fotografias – Empresa A



(a) Envoltente interior com vidro com função divisória



(b) Envoltente interior – mobiliário



(c) Teto falso com placas metálicas perfuradas



(d) Mobiliário de escritório

Figura IV. 1 – Fotografias ilustrativas do open-space Empresa A

ANEXO V – Fotografias – Empresa B



(a) Mobiliário de escritório



(b) Disposição das mesas de trabalho em linha



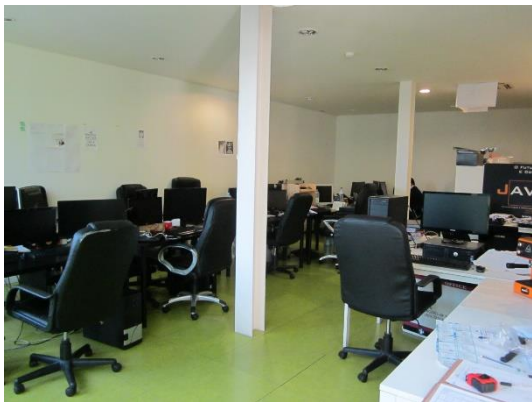
(c) Revestimento de piso e teto



(d) Sombreamento móvel

Figura V. 2 – Fotografias ilustrativas do open-space Empresa B

ANEXO VI – Fotografias – Empresa C



(a) Disposição do mobiliário e visão geral das envolventes



(b) Revestimento de piso



(c) Envolvente exterior



(d) Mobiliário de escritório

Figura VI. 3 – Fotografias ilustrativas do open-space Empresa C

ANEXO VII – Medições – Folha de registos Empresa A

MEDIÇÕES - FOLHA REGISTOS														
Empresa: José de Mello Saúde					Data: 14 dezembro 2015									
Medição do dia	Ponto	Horas		ΔT (minutos)	Frequências (Hz)							dB(A)	ΔdB(A) (dB)	
		(hora)	(minutos)		63	125	250	500	1000	2000	4000			8000
1ª	P1	10	30	5	28.1	34.0	41.3	44.8	42.4	41.8	39.3	33.3	49.6	-
	P2	10	37	5	24.9	34.1	42.9	46.9	44.6	43.6	41.2	34.5	51.5	-
	P3	10	49	5	27.2	35.3	43.7	50.0	48.6	46.5	42.6	35.6	54.3	-
	P4	10	56	5	27.5	33.8	42.1	47.5	47.8	48.6	45.9	39.3	54.1	-
2ª	P1	11	24	5	26.0	33.4	40.2	44.0	41.9	41.7	39.7	33.9	49.1	0.5
	P2	11	31	5	26.0	35.0	43.2	47.4	45.9	44.7	41.7	35.1	52.2	0.7
	P3	11	38	5	26.7	33.7	44.4	49.8	48.6	47.5	43.7	36.3	54.6	0.3
	P4	11	44	5	28.0	35.0	42.1	48.2	47.3	46.6	44.2	37.1	53.4	0.7

Figura VII. 1 – Medições dos níveis de pressão sonora - Folha de registos Empresa A
14/12/2015

MEDIÇÕES - FOLHA REGISTOS														
Empresa: José de Mello Saúde					Data: 16 dezembro 2015									
Medição do dia	Ponto	Horas		ΔT (minutos)	Frequências (Hz)								dB(A)	ΔdB(A) (dB)
		(hora)	(minutos)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1ª	P4	9	27	5	28.5	35.6	44.1	50.1	49.5	49.7	45.9	38.8	55.6	-
	P3	9	34	5	29.6	34.0	44.7	49.5	52.4	46.9	43.6	37.0	55.8	-
	P2	9	42	5	27.5	35.5	44.7	49.0	46.7	45.8	42.7	35.8	53.5	-
	P1	9	50	5	27.6	34.7	43.0	48.5	45.0	44.2	40.9	32.8	52.3	-
2ª	P1	10	23	5	28.3	35.5	43.9	48.1	46.3	44.3	41.3	34.2	52.6	0.3
	P2	10	30	5	25.0	33.1	41.6	46.5	45.8	45.2	42.1	35.2	51.9	1.6
	P3	10	36	5	27.6	31.9	42.4	46.6	45.9	45.7	42.9	36.5	52.3	3.5
	P4	10	43	5	26.3	31.8	38.9	43.6	46.1	47.4	45.1	38.0	52.3	3.3

Figura VII. 2 – Medições dos níveis de pressão sonora - Folha de registros Empresa A
16/12/2015

ANEXO VIII – Medições – Folha de registos Empresa B

MEDIÇÕES - FOLHA REGISTOS															
Empresa: Science4you					Data: 18 janeiro 2016										
Medição do dia	Ponto	Horas		ΔT (minutos)	Frequências (Hz)								dB(A)	ΔdB(A) (dB)	
		(hora)	(minutos)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
1ª	P1	9	35	5	29.0	33.4	42.4	47.1	45.3	45.0	42.7	36.9	52.1	-	
	P2	9	42	5	26.0	33.3	39.3	41.4	42.6	42.6	40.9	36.2	49.0	-	
	P3	9	49	5	29.6	32.1	38.8	42.6	44.6	44.4	41.9	37.1	50.3	-	
	P4	9	56	5	25.7	34.5	41.4	46.8	49.9	46.6	44.6	37.0	53.9	-	
2ª	P1	10	31	5	27.1	33.8	40.6	46.5	44.9	45.0	42.7	37.2	51.7	0.4	
	P2	10	39	5	24.2	34.1	39.4	42.7	43.2	43.6	41.1	34.7	49.6	0.6	
	P3	10	47	5	29.8	34.4	43.0	47.9	45.9	44.3	42.0	35.2	52.4	2.1	
	P4	10	56	5	25.5	35.3	40.9	46.6	47.3	45.9	44.8	37.2	52.9	1.0	

Figura VIII. 1 – Medições dos níveis de pressão sonora – Folha de registos Empresa B 18/01/2016

MEDIÇÕES - FOLHA REGISTOS														
Empresa: Science4you										Data: 20 janeiro 2016				
Medição do dia	Ponto	Horas		ΔT	Frequências (Hz)							dB(A)	$\Delta dB(A)$ (dB)	
		(hora)	(minutos)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1ª	P1	9	24	5	29.2	36.5	46.4	50.6	47.9	46.9	44.8	38.3	55.0	-
	P2	9	31	5	28.3	36.7	43.1	43.1	42.6	41.2	37.9	31.5	49.3	-
	P3	9	37	5	31.7	37.0	45.0	44.9	45.3	45.2	41.9	36.1	52.0	-
	P4	9	44	5	28.6	43.5	47.5	49.5	50.6	48.3	42.5	35.0	55.9	-
2ª	P1	10	26	5	26.2	33.1	42.4	47.0	45.8	44.6	42.9	37.5	52.1	2.9
	P2	10	33	5	26.5	34.8	42.0	45.6	43.8	43.9	40.2	34.0	50.8	1.5
	P3	10	40	5	27.1	31.4	39.1	44.0	44.1	43.5	40.8	34.4	50.0	2.0
	P4	10	46	5	23.5	39.6	44.3	47.9	49.1	46.1	42.7	35.8	53.9	2.0

Figura VIII. 2 – Medições dos níveis de pressão sonora – Folha de registos Empresa B 20/01/2016

ANEXO IX – Medições – Folha de registos Empresa C

MEDIÇÕES - FOLHA REGISTOS														
Empresa: JAVALI					Data: 4 fevereiro 2016									
Medição do dia	Ponto	Horas		ΔT (minutos)	Frequências (Hz)								dB(A)	ΔdB(A) (dB)
		(hora)	(minutos)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1ª	P1	10	55	5	22.7	37.1	48.7	54.0	49.4	48.2	45.0	38.6	57.2	-
	P2	11	01	5	26.1	43.9	50.4	54.7	49.4	48.7	45.2	37.9	58.0	-
	P3	11	07	5	22.5	38.6	49.0	54.6	49.9	50.3	47.3	39.9	58.1	-
	P4	11	15	5	22.9	45.0	52.1	59.1	52.4	50.1	47.1	37.7	61.3	-
2ª	P1	11	27	5	20.5	35.8	45.2	50.6	45.5	44.5	41.2	34.3	53.7	3.5
	P2	11	33	5	21.0	38.4	46.9	52.3	47.5	49.8	47.2	40.9	56.5	1.5
	P3	11	40	5	21.3	33.9	43.9	47.9	44.6	45.2	43.2	35.8	52.5	5.6
	P4	11	46	5	18.7	35.6	44.4	48.5	44.8	43.8	41.3	34.9	52.4	8.9

Figura IX. 1 – Medições dos níveis de pressão sonora – Folha de registos Empresa C
04/02/2016

MEDIÇÕES - FOLHA REGISTOS														
Empresa: JAVALI					Data: 5 fevereiro 2016									
Medição do dia	Ponto	Horas		ΔT (minutos)	Frequências (Hz)								dB(A)	ΔdB(A) (dB)
		(hora)	(minutos)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1ª	P1	15	01	5	22.8	34.9	47.0	52.9	50.6	49.3	46.5	39.4	57.0	-
	P2	15	07	5	21.7	31.2	38.7	43.1	43.1	44.6	42.2	35.0	50.0	-
	P3	15	14	5	20.8	24.2	31.4	36.7	38.9	40.8	39.5	31.0	45.7	-
	P4	15	24	5	19.6	29.1	34.0	37.4	38.8	41.5	40.3	33.6	46.4	-
2ª	P1	15	56	5	20.5	27.7	36.8	41.2	42.7	44.1	43.2	39.0	49.7	7.3
	P2	16	02	5	21.2	29.1	35.4	38.6	40.8	42.4	41.7	34.9	47.7	2.3
	P3	16	09	5	18.5	22.8	30.2	36.1	37.5	38.0	34.9	27.4	43.3	2.4
	P4	16	16	5	15.8	28.2	34.7	38.6	41.7	46.5	46.1	30.9	50.5	4.1

Figura IX. 2 – Medições dos níveis de pressão sonora – Folha de registos Empresa C
05/02/2016

ANEXO X – Medições – Gráficos Empresa A

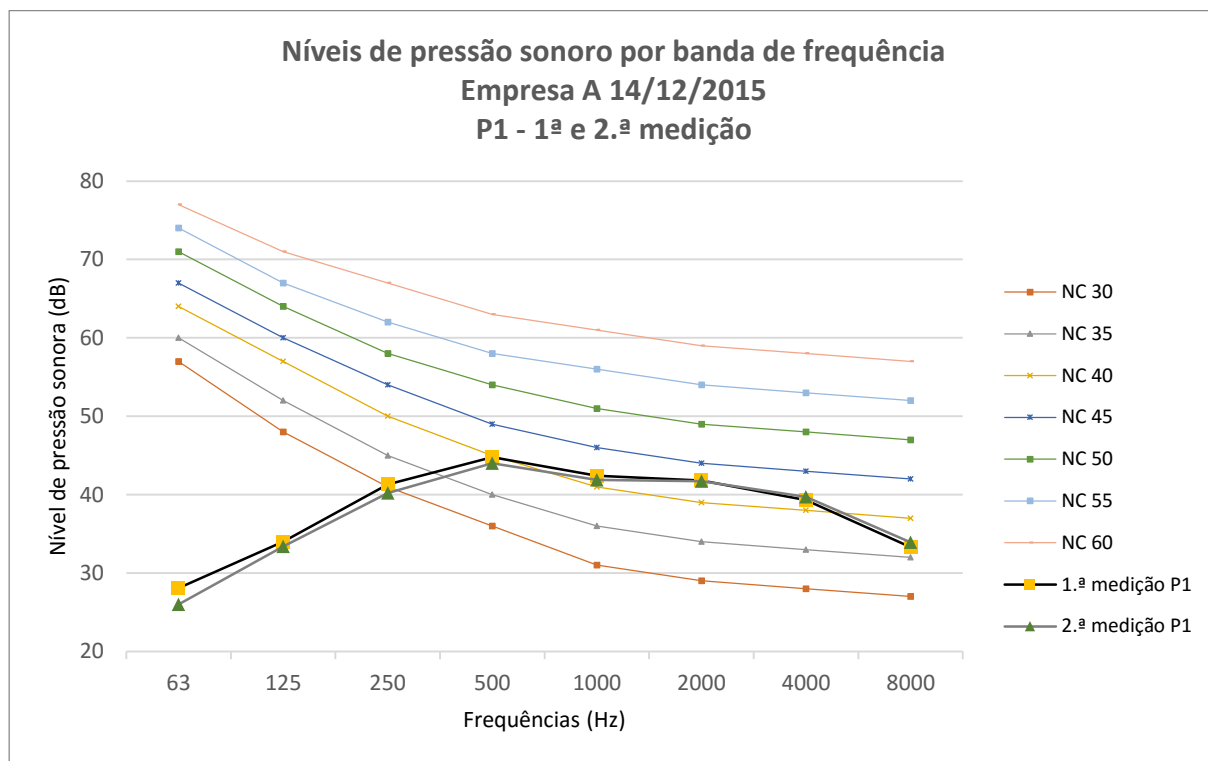


Figura X. 1 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P1 – Empresa A 14/12/2015

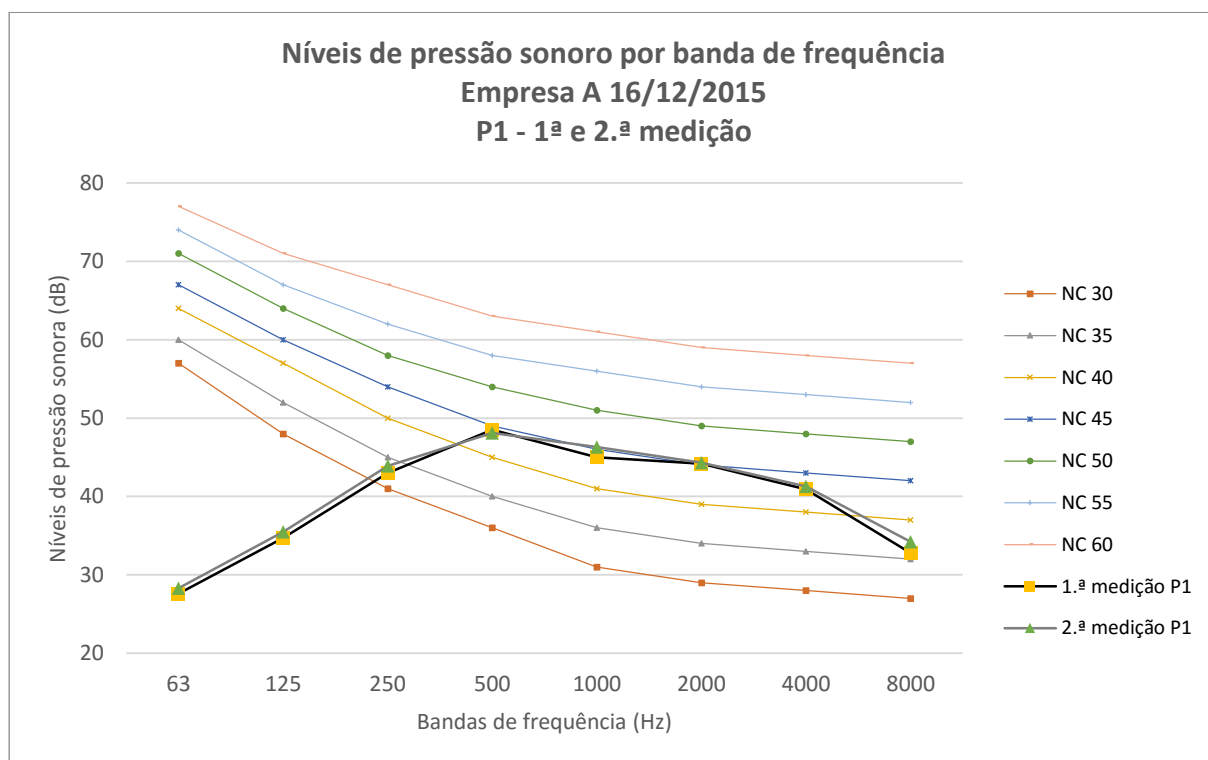


Figura X. 2 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P1 – Empresa A 16/12/2015

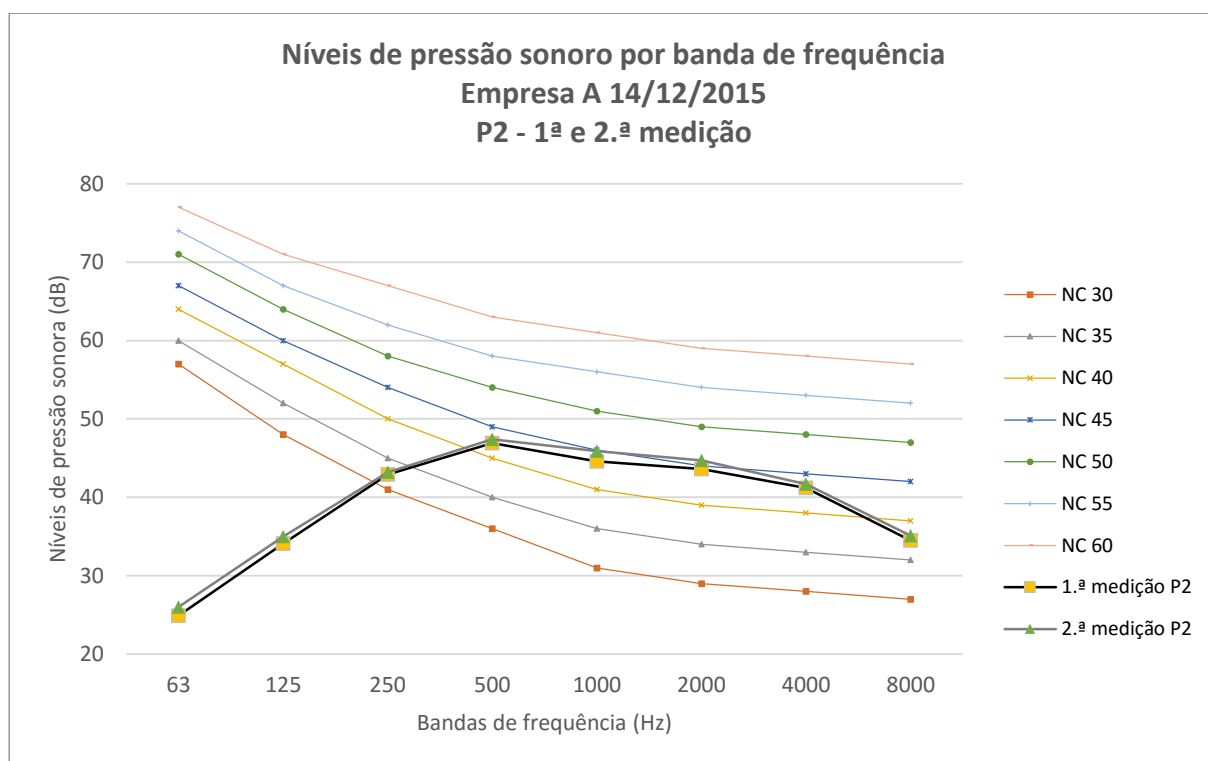


Figura X. 3 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P2 – Empresa A 14/12/2015

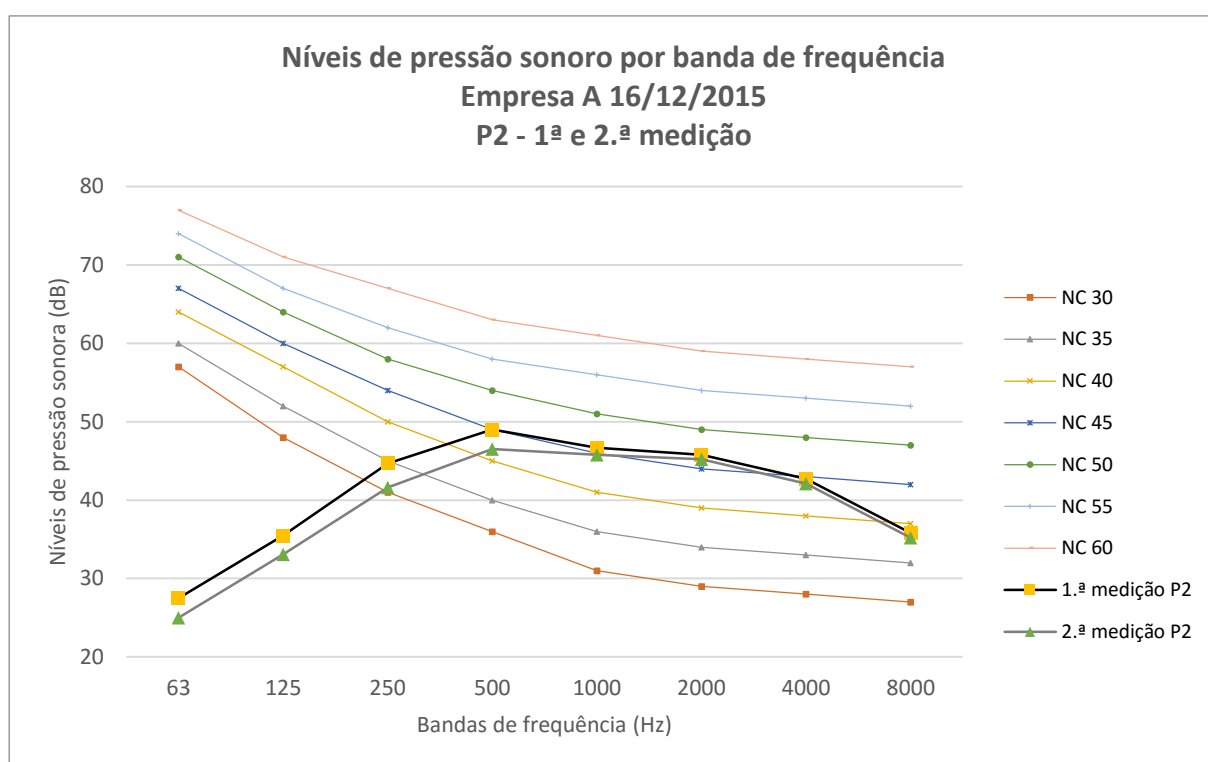


Figura X. 4 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P2 – Empresa A 16/12/2015

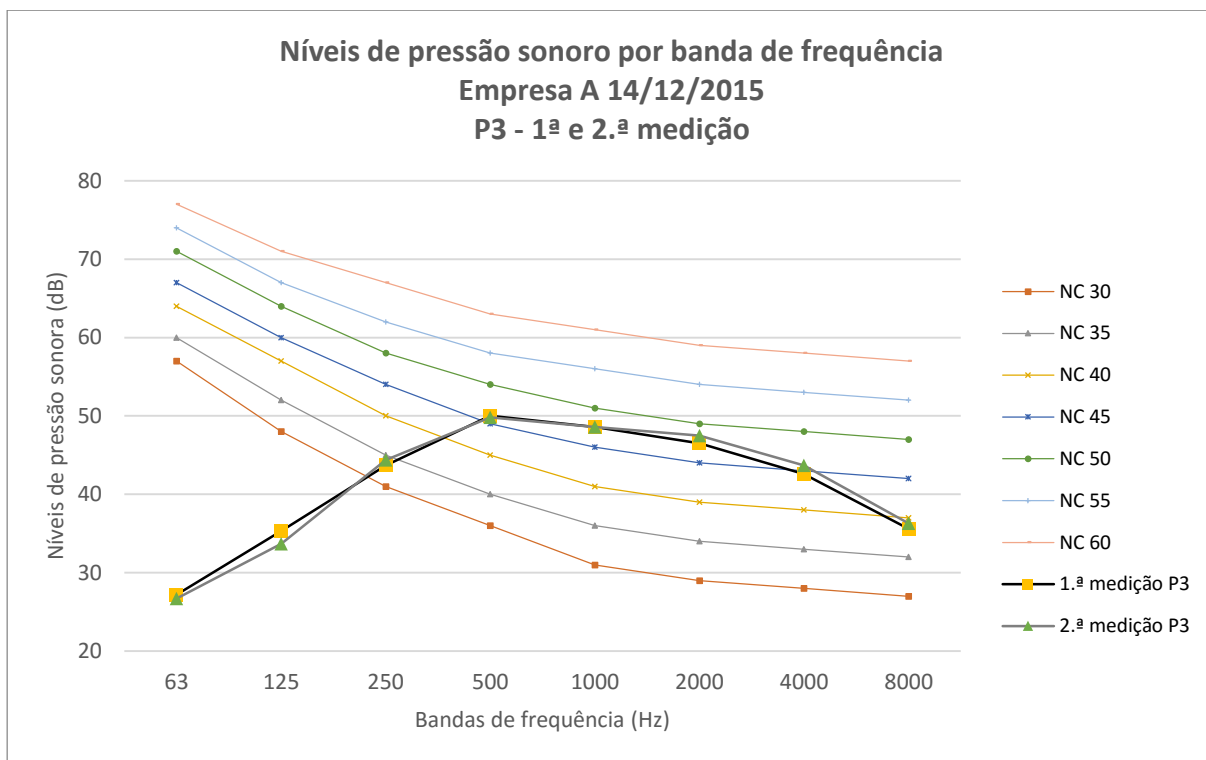


Figura X. 5 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P3 – Empresa A 14/12/2015

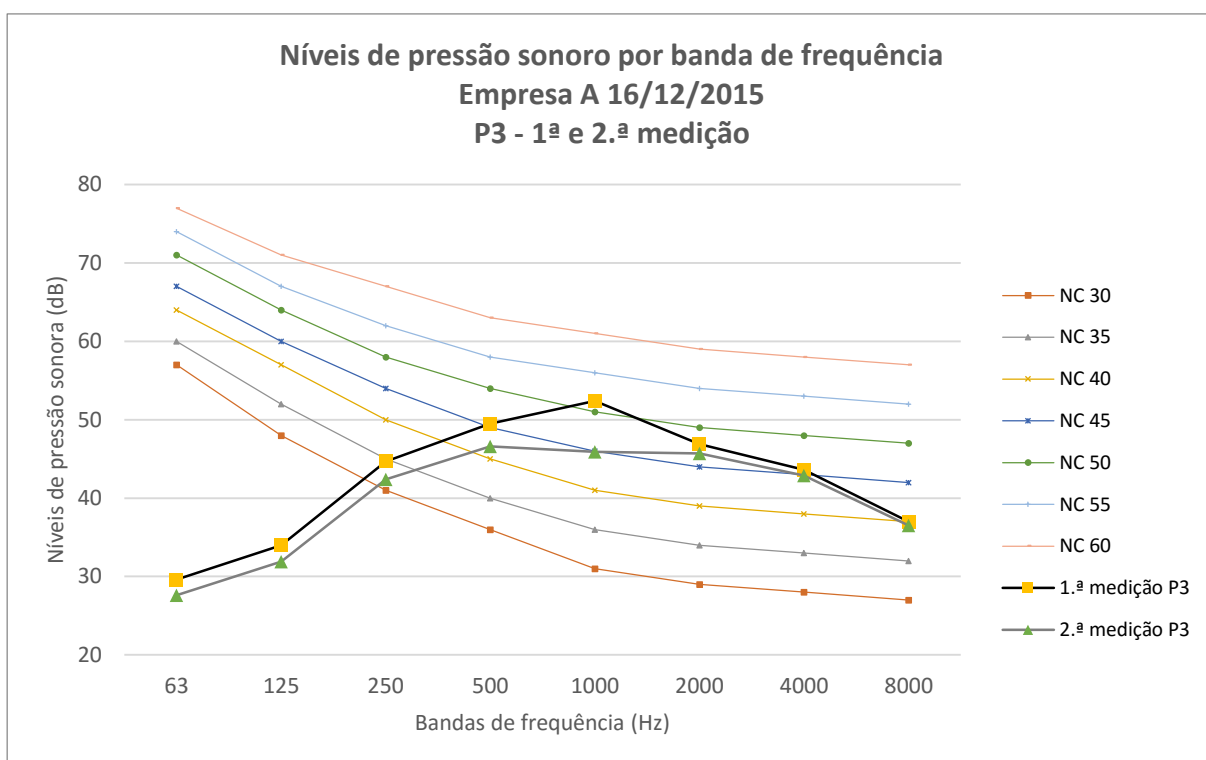


Figura X. 6 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P3 – Empresa A 16/12/2015

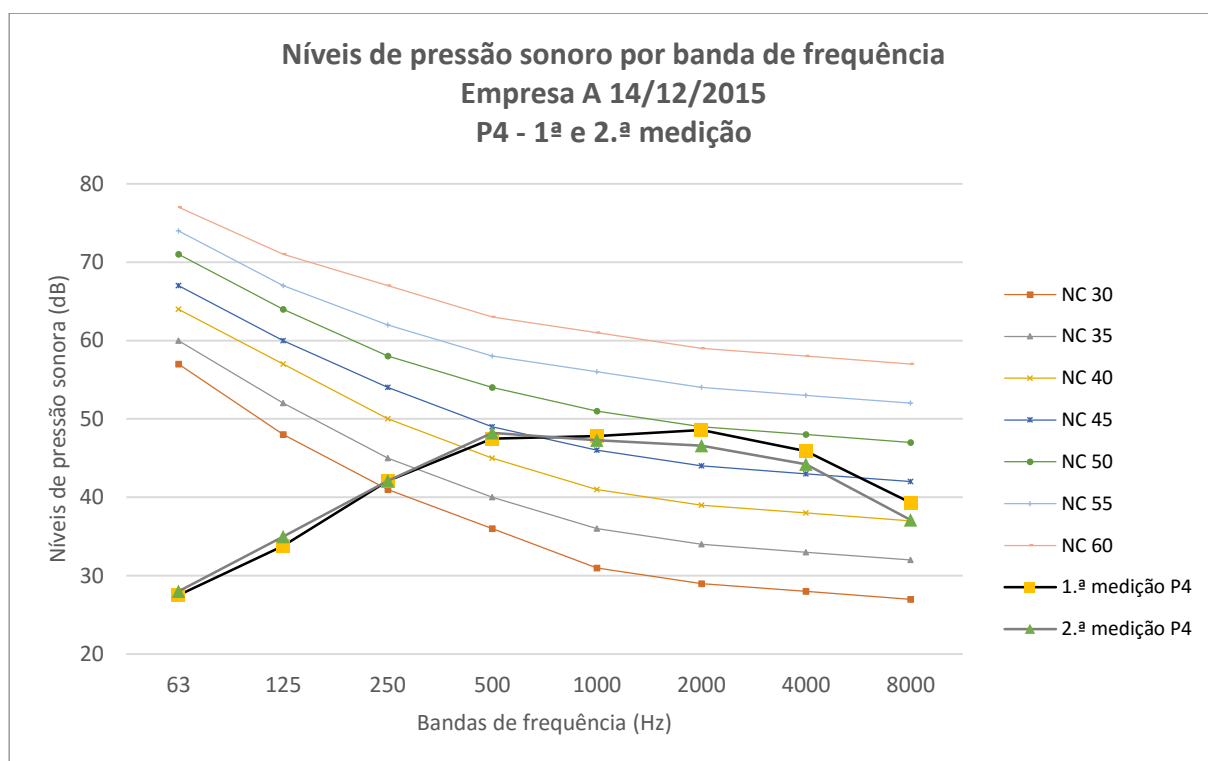


Figura X. 7 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P4 – Empresa A 14/12/2015

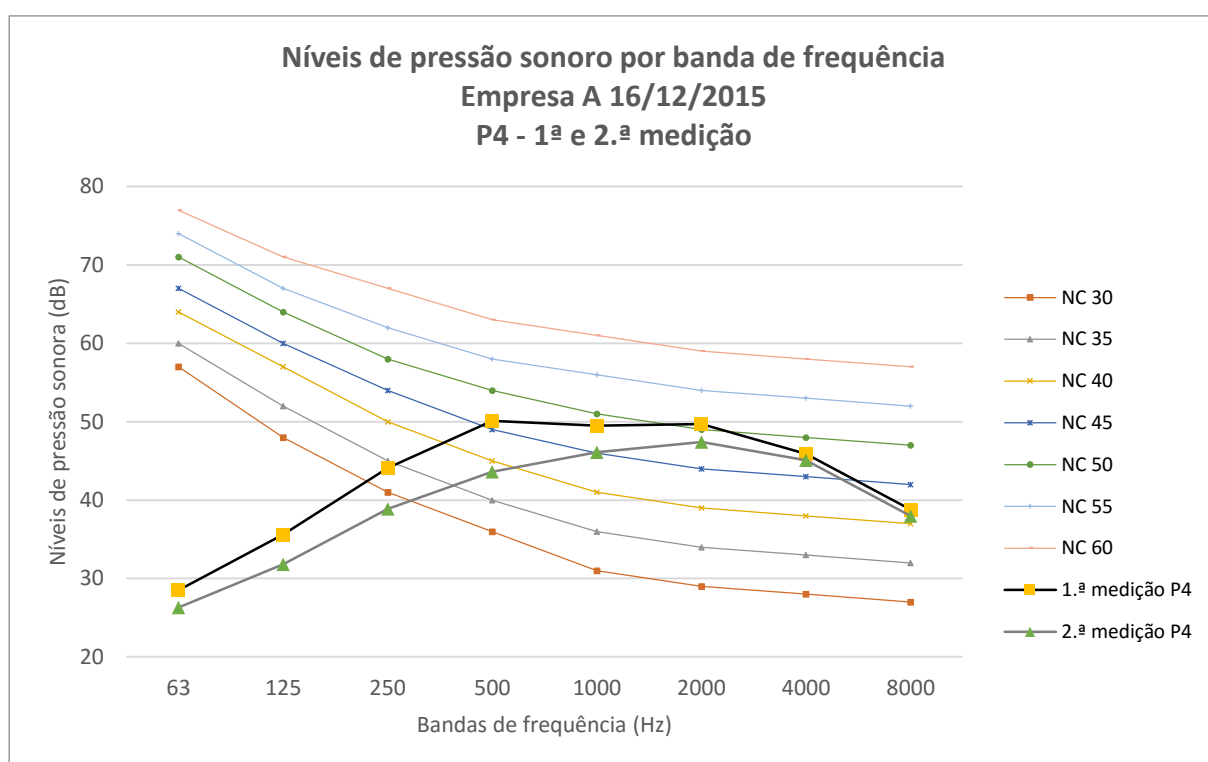


Figura X. 8 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P4 – Empresa A 16/12/2015

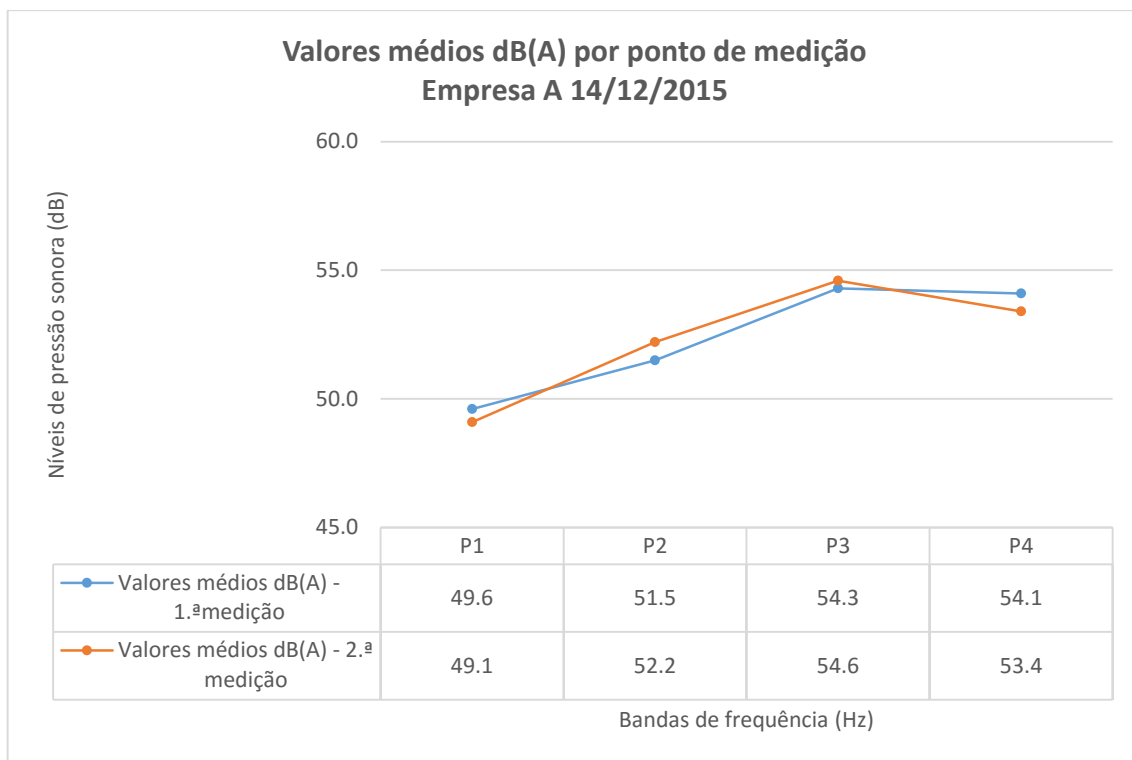


Figura X. 9 – Gráfico: Valores médios dos níveis de pressão sonora – Empresa A 14/12/2015

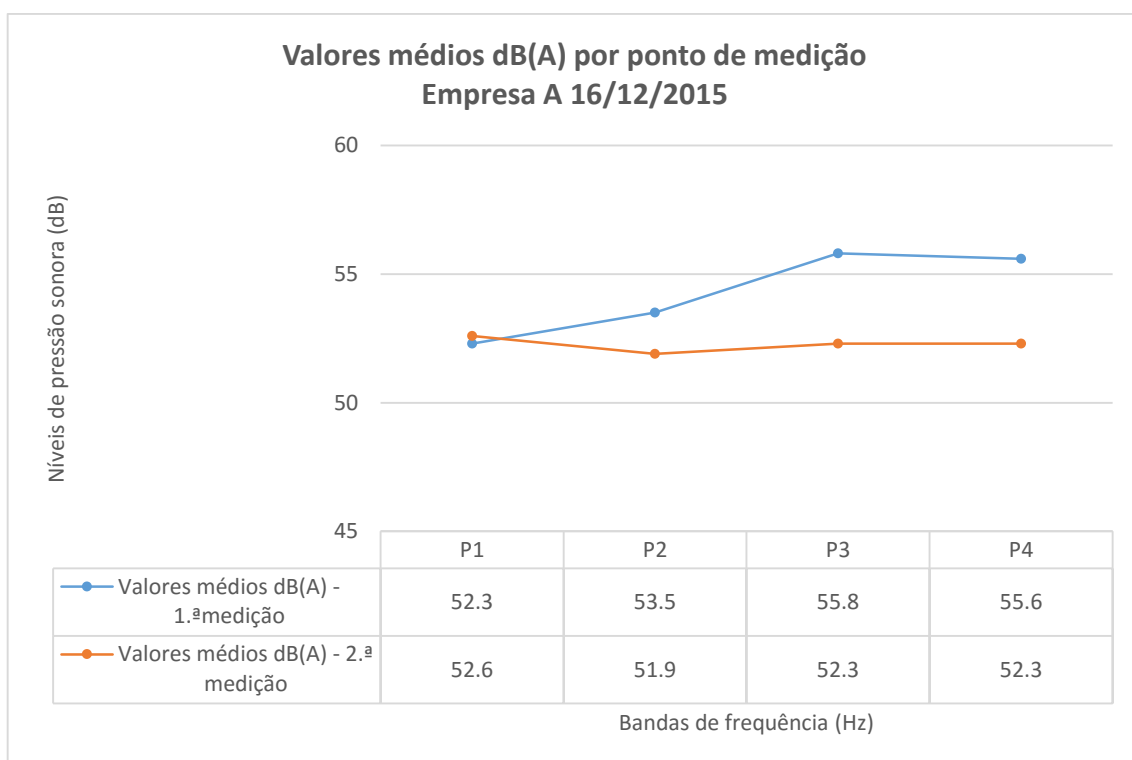


Figura X. 10 – Gráfico: Valores médios dos níveis de pressão sonora – Empresa A 16/12/2015

ANEXO XI – Medições – Gráficos Empresa B

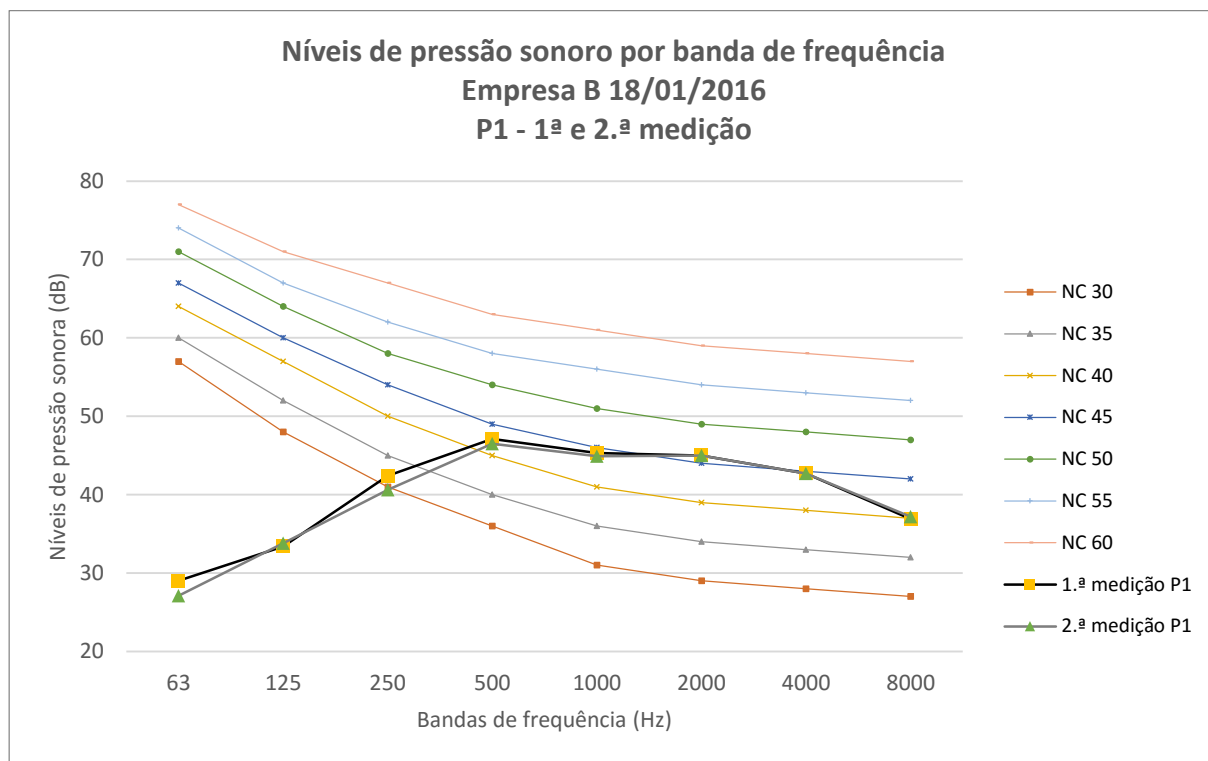


Figura XI. 1 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P1 – Empresa B 18/01/2016

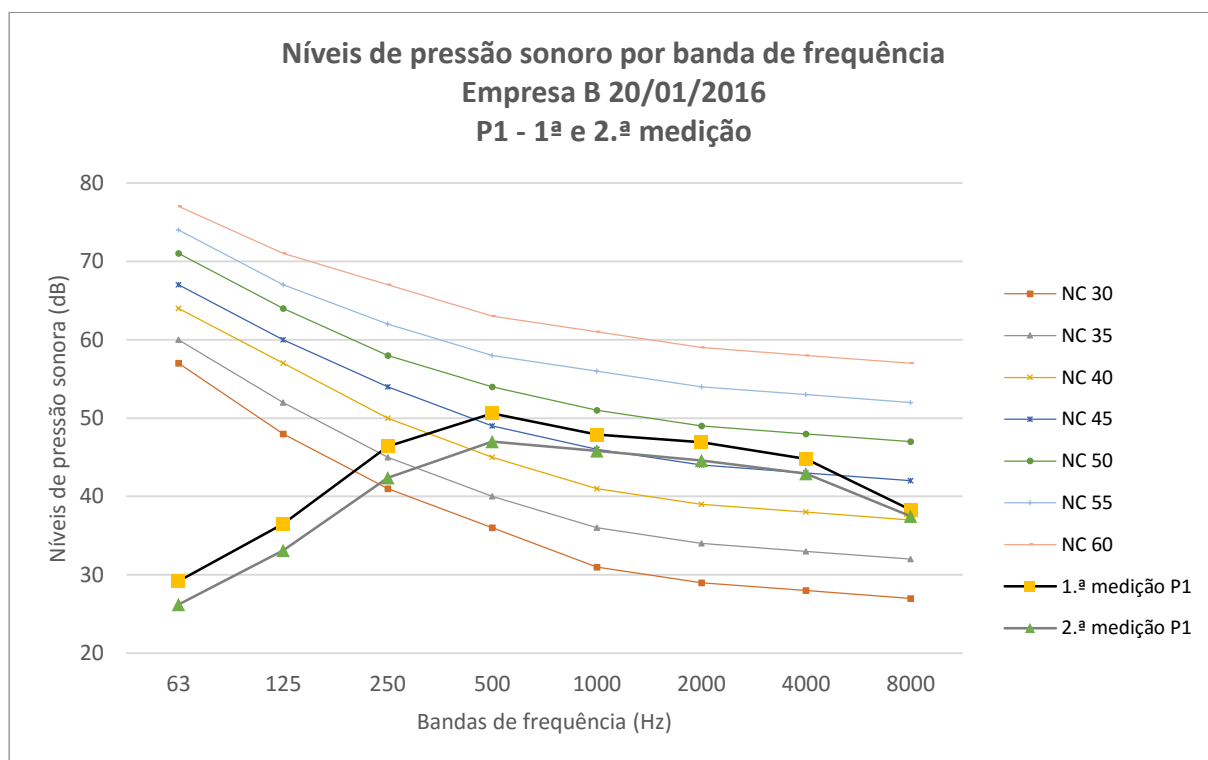


Figura XI. 2 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P1 – Empresa B 20/01/2016

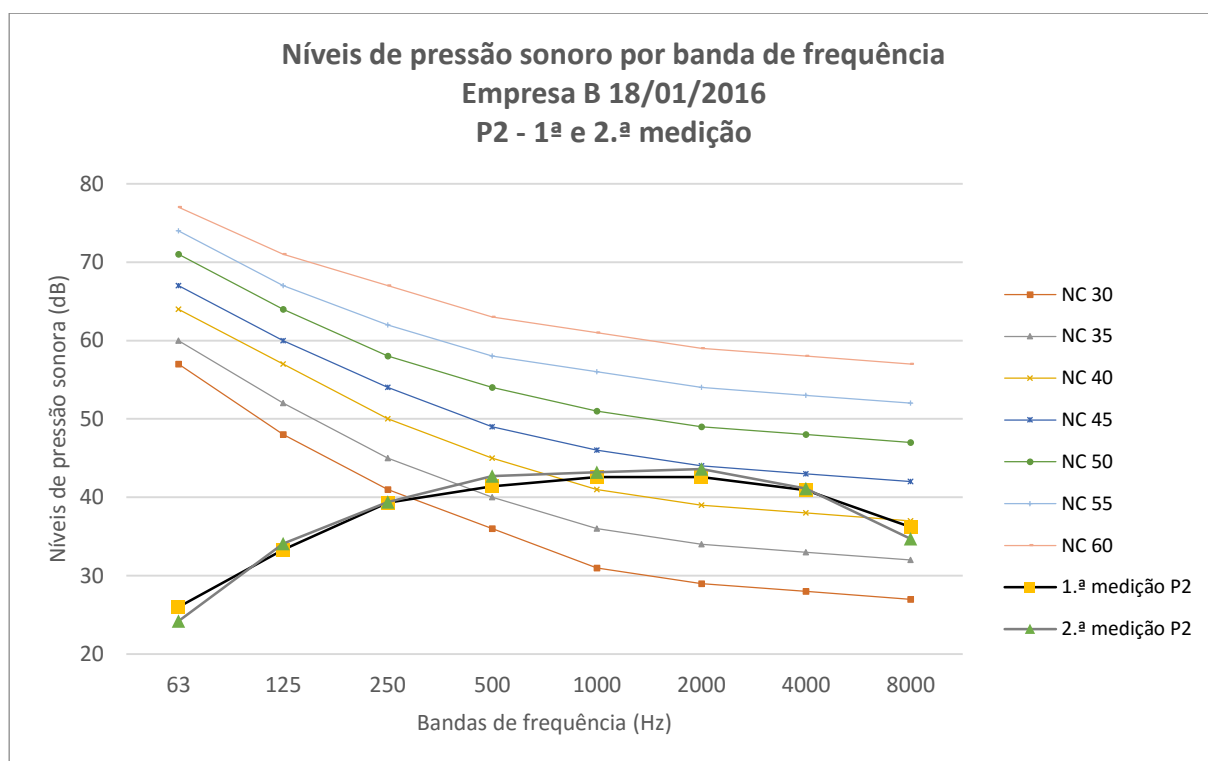


Figura XI. 3 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P2 – Empresa B 18/01/2016

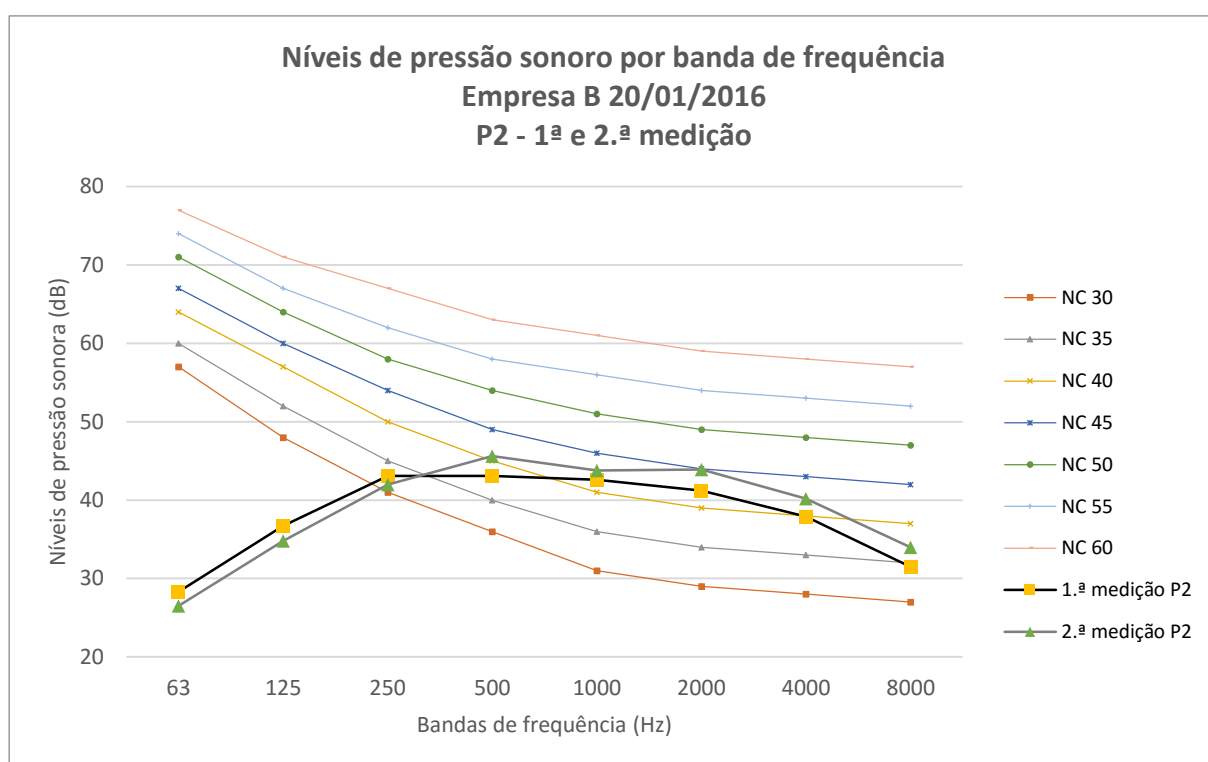


Figura XI. 4 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P2 – Empresa B 20/01/2016

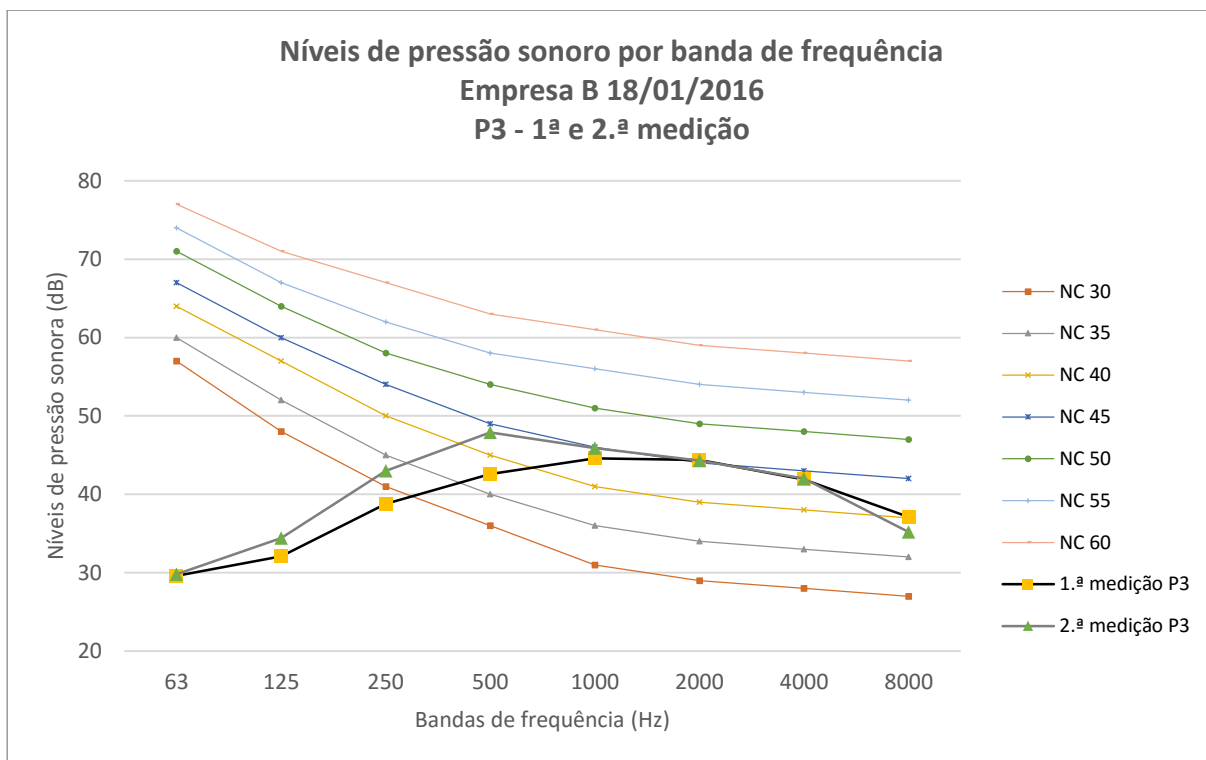


Figura XI. 5 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P3 – Empresa B 18/01/2016

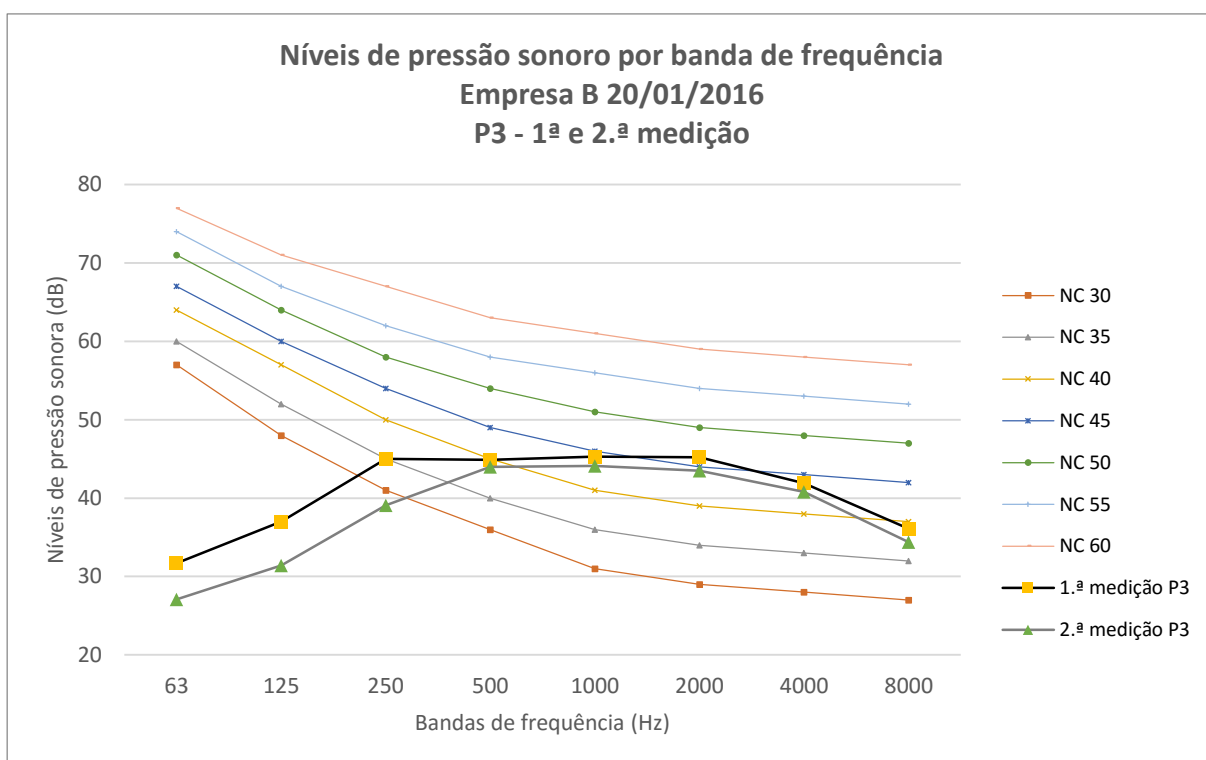


Figura XI. 6 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P3 – Empresa B 20/01/2016

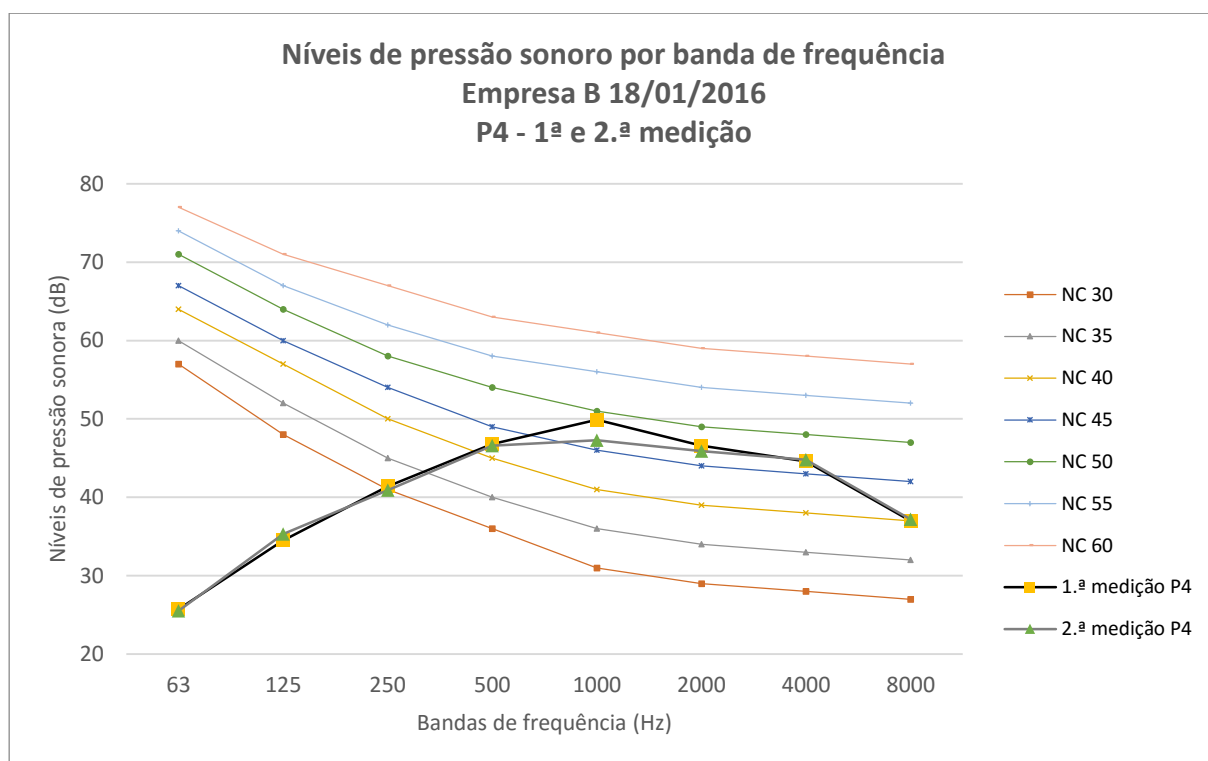


Figura XI. 7 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P4 – Empresa B 18/01/2016

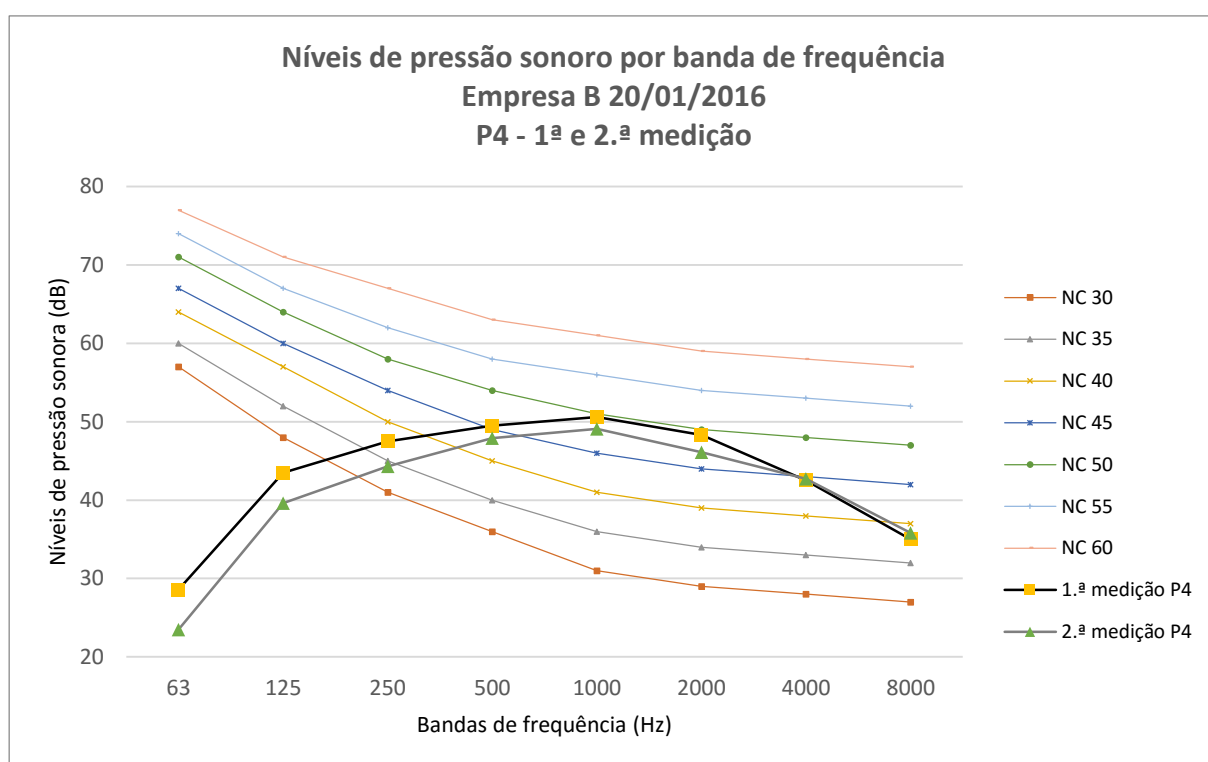


Figura XI. 8 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P4 – Empresa B 20/01/2016

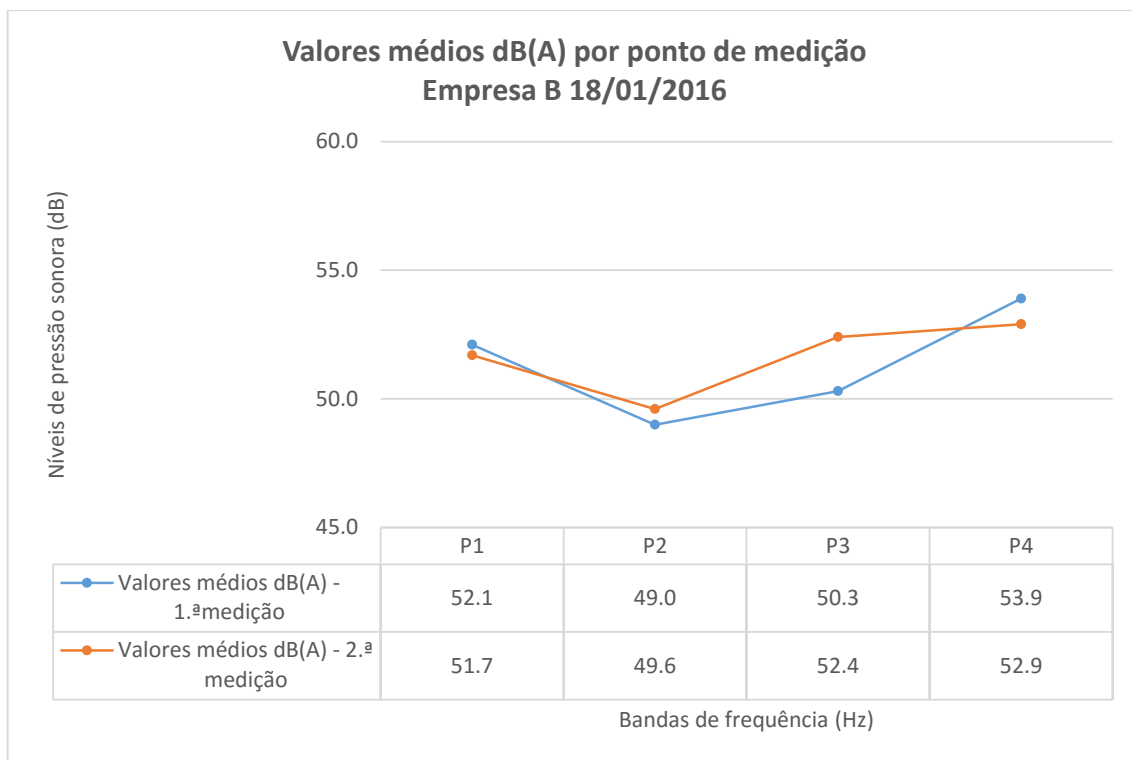


Figura XI. 9 - Gráfico: Valores médios dos níveis de pressão sonora – Empresa B 18/01/2016

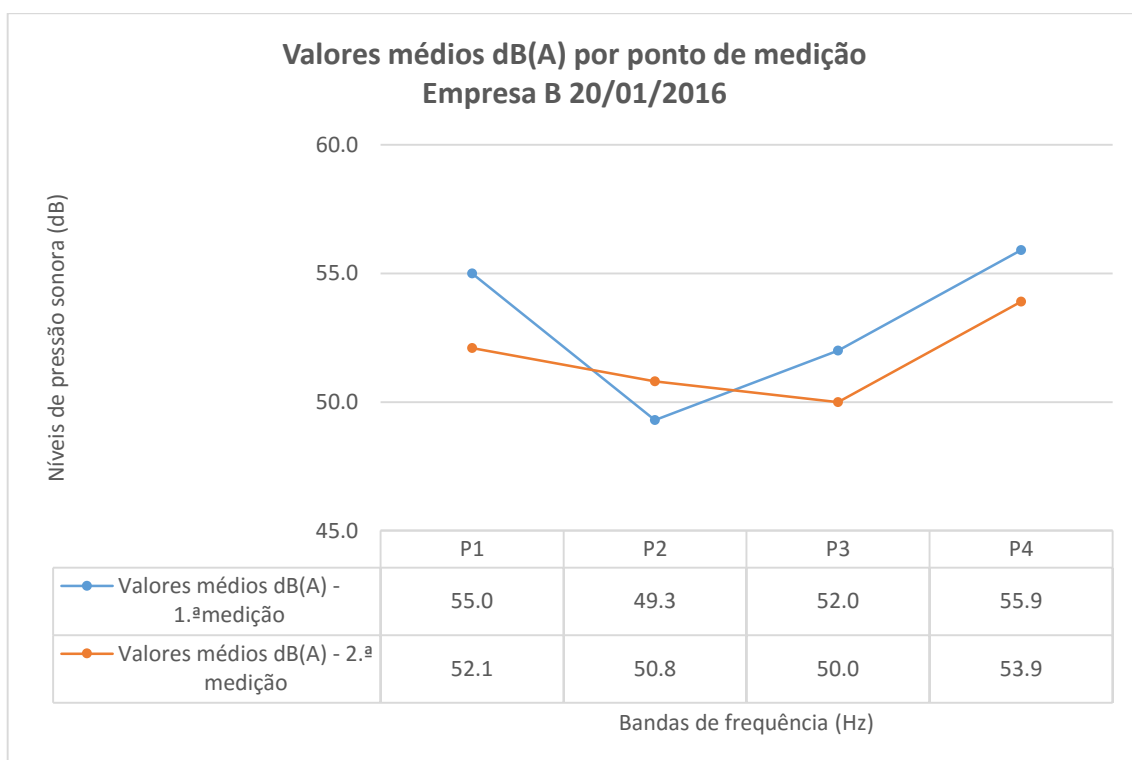


Figura XI. 10 – Gráfico: Valores médios dos níveis de pressão sonora – Empresa B 20/01/2016

ANEXO XII – Medições – Gráficos Empresa C

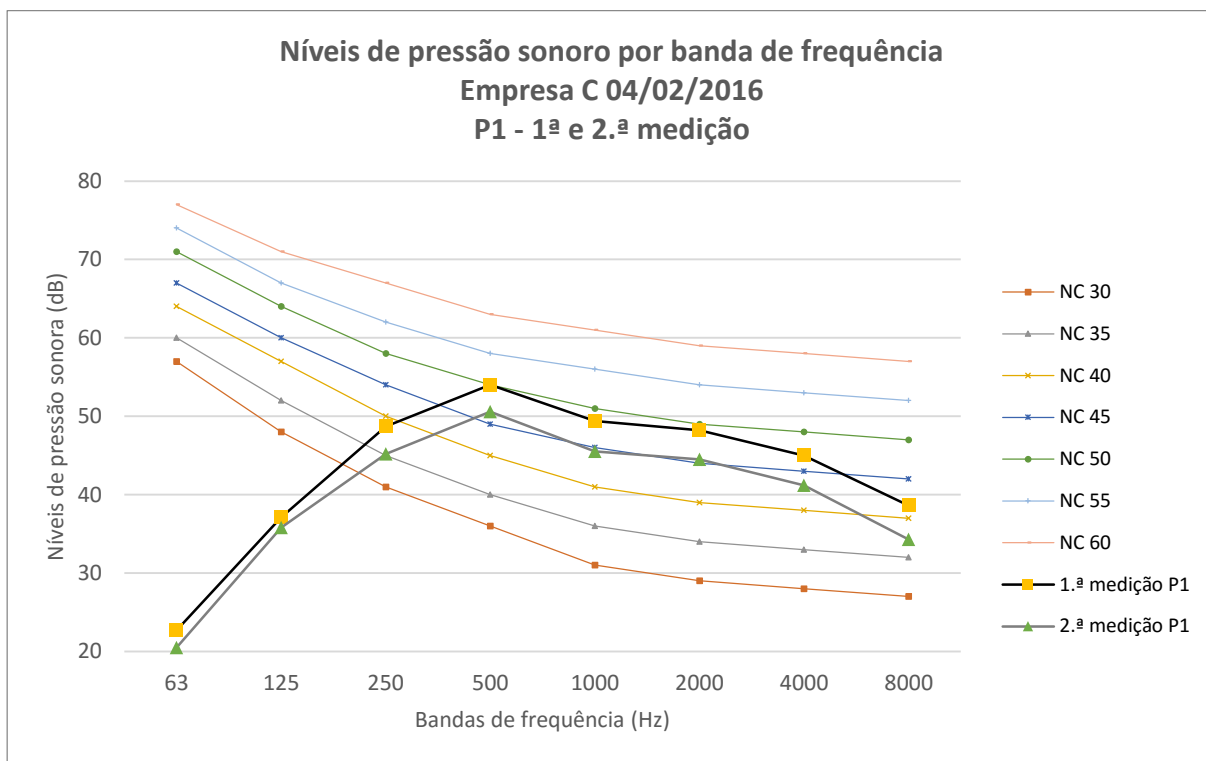


Figura XII 1 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P1 – Empresa C 04/02/2016

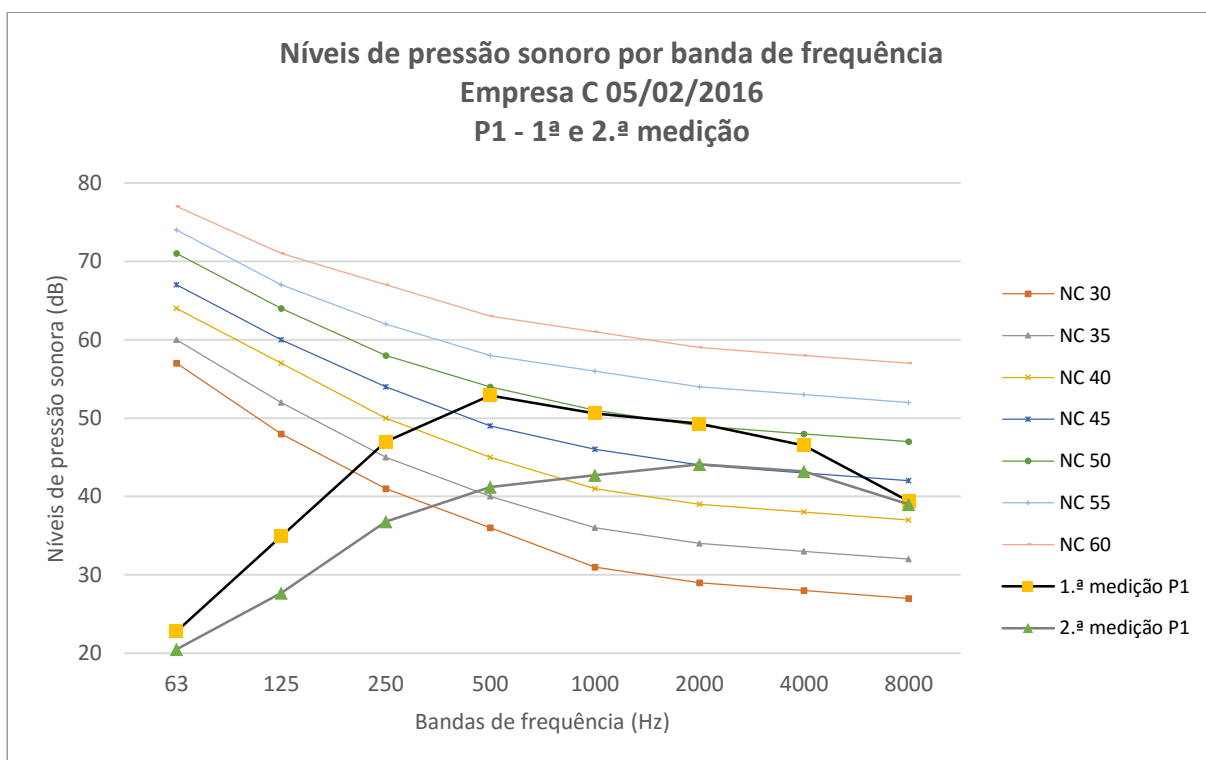


Figura XII 2 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P1 – Empresa C 05/02/2016

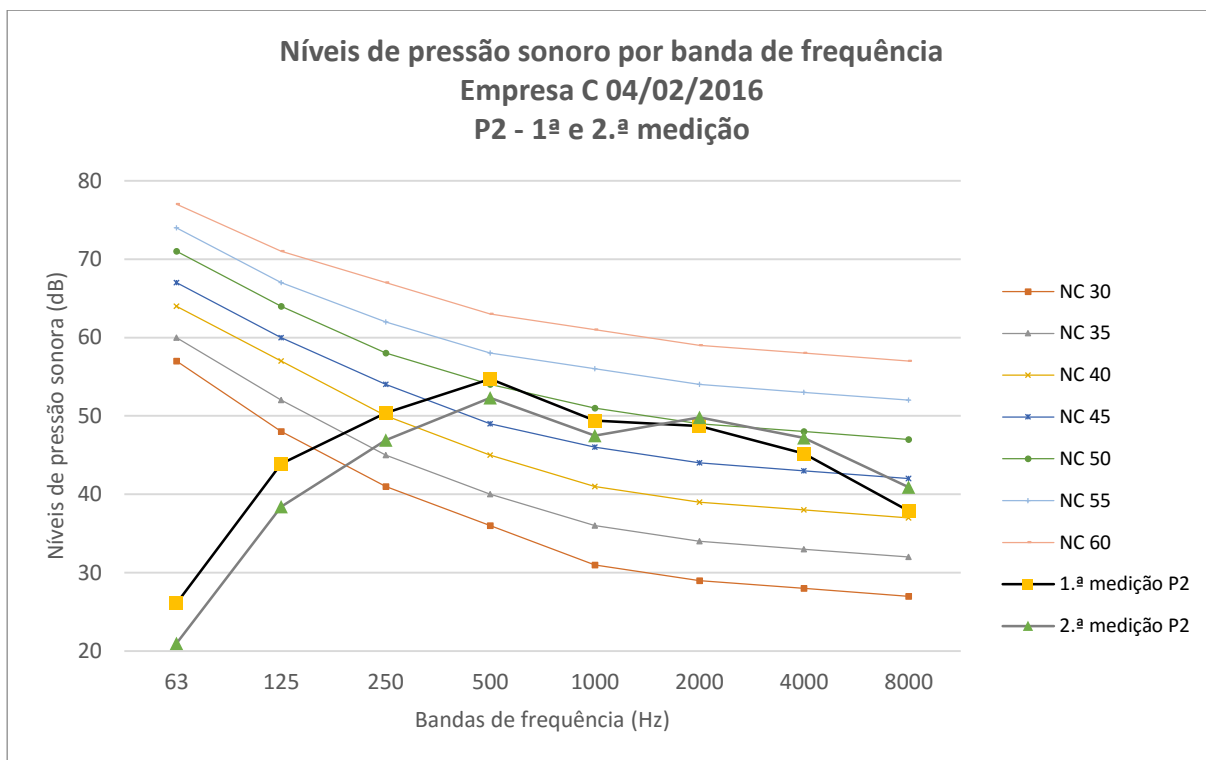


Figura XII 3 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P2 – Empresa C 04/02/2016

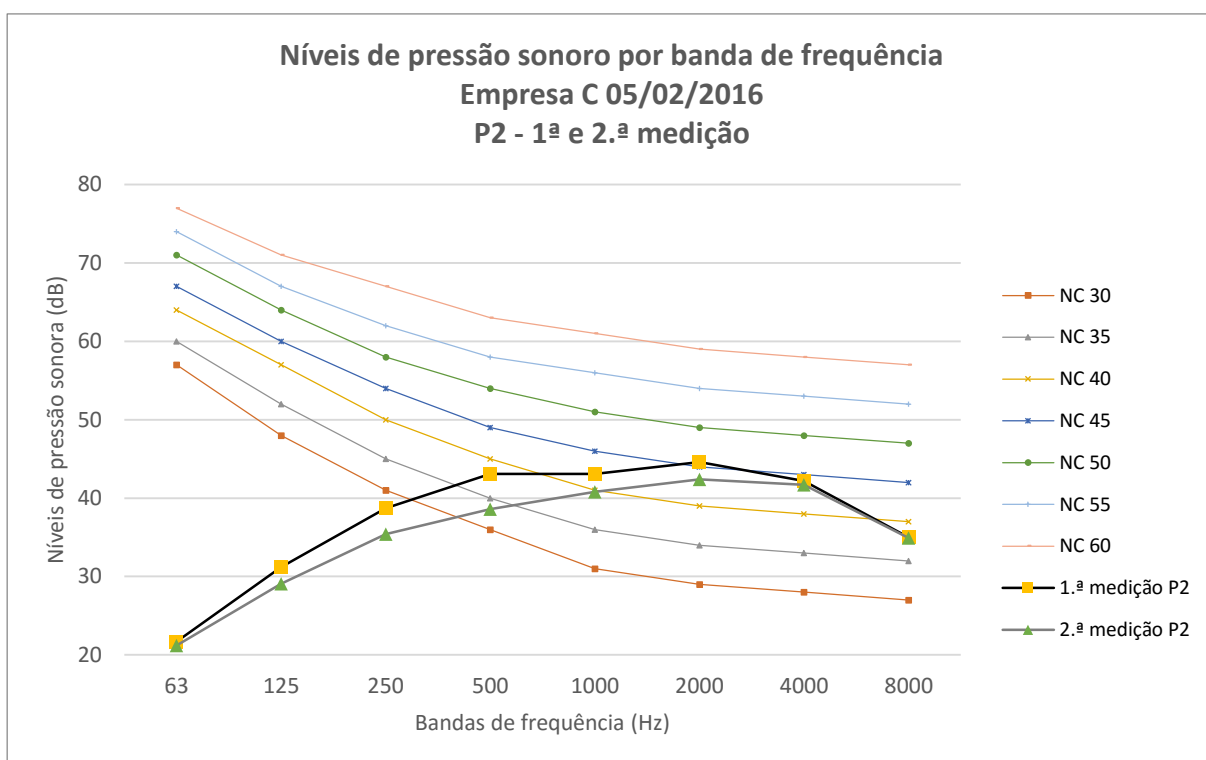


Figura XII 4 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P2 – Empresa C 05/02/2016

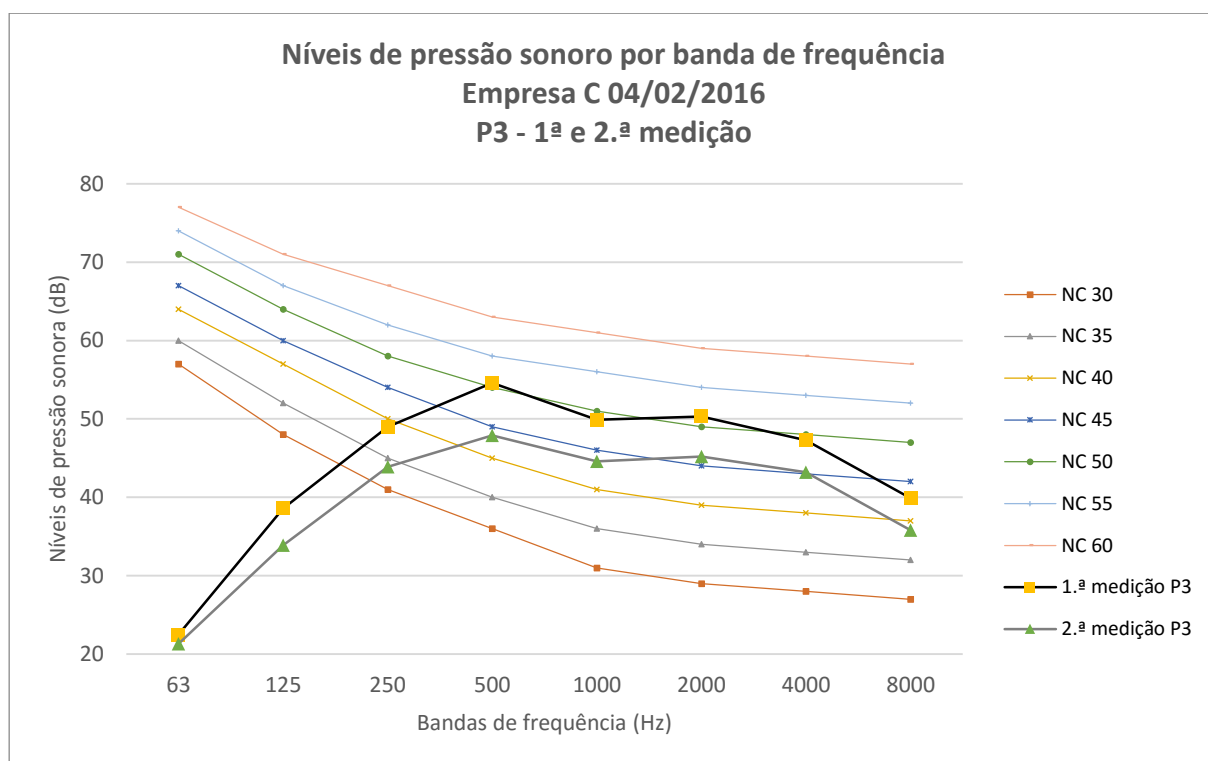


Figura XII 5 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P3 – Empresa C 04/02/2016

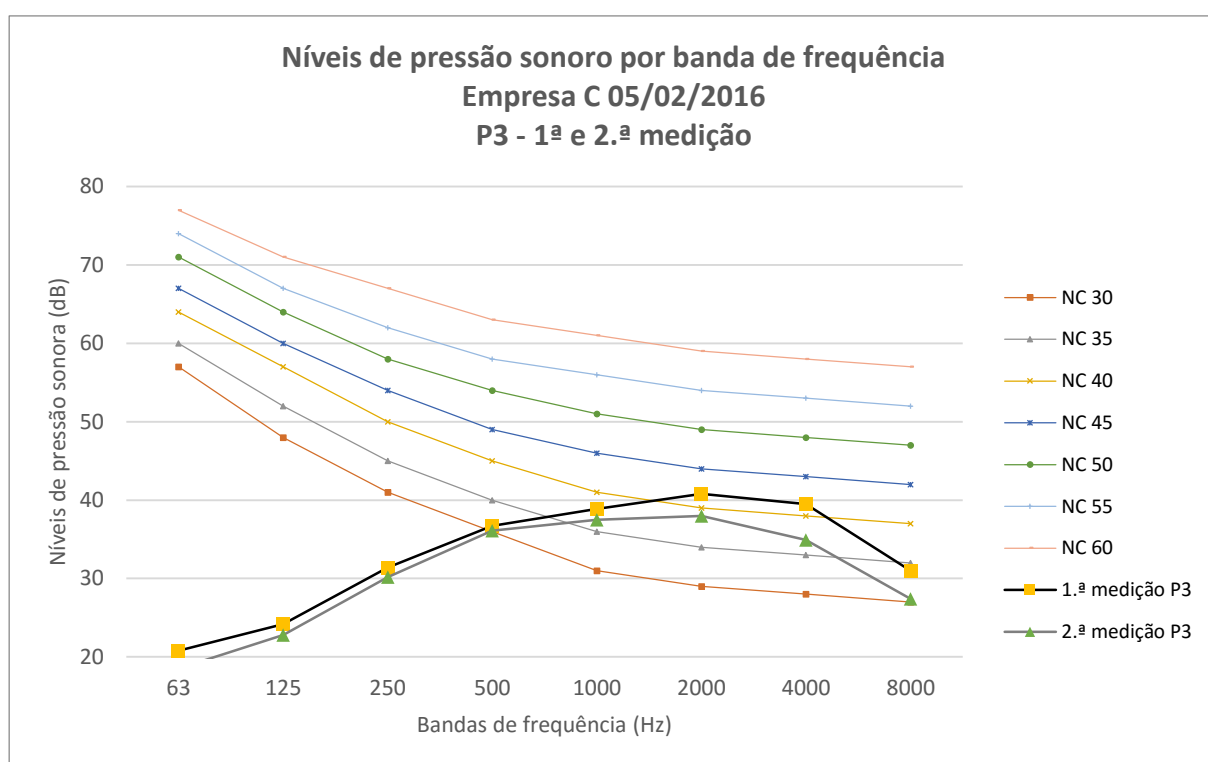


Figura XII 6 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P3 – Empresa C 05/02/2016

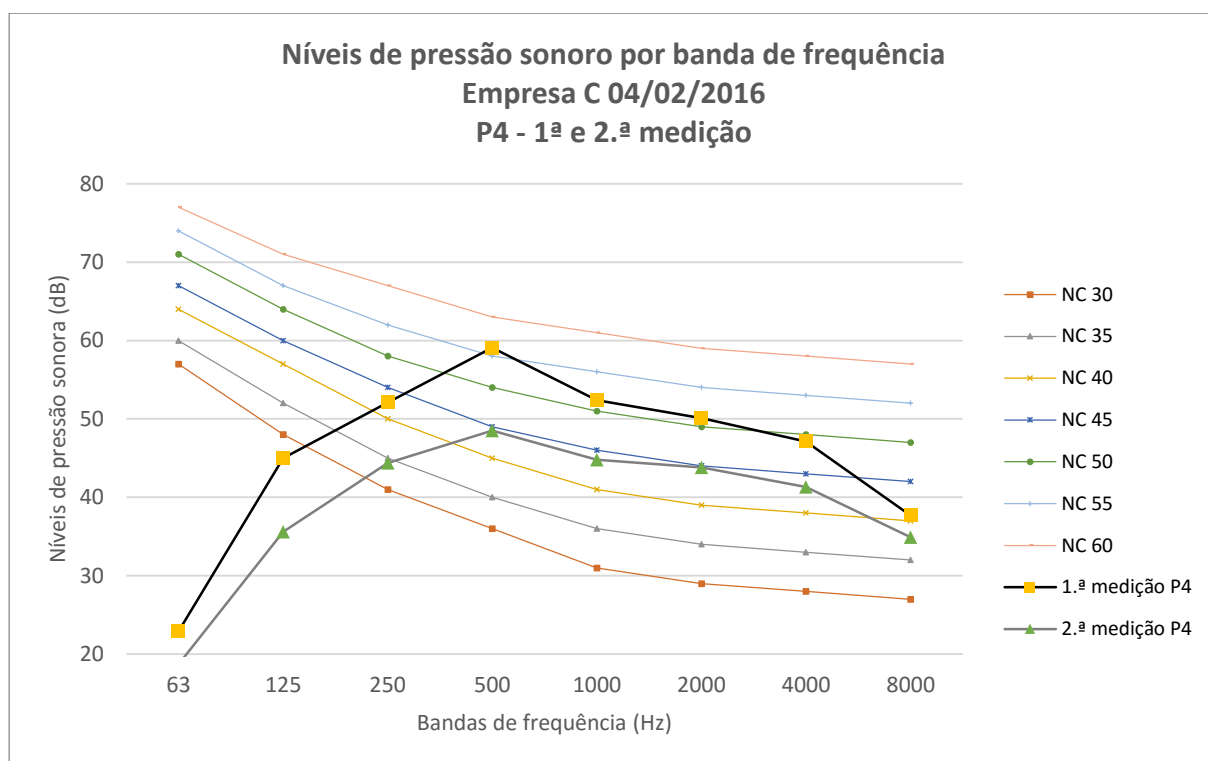


Figura XII 7 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P4 – Empresa C 04/02/2016

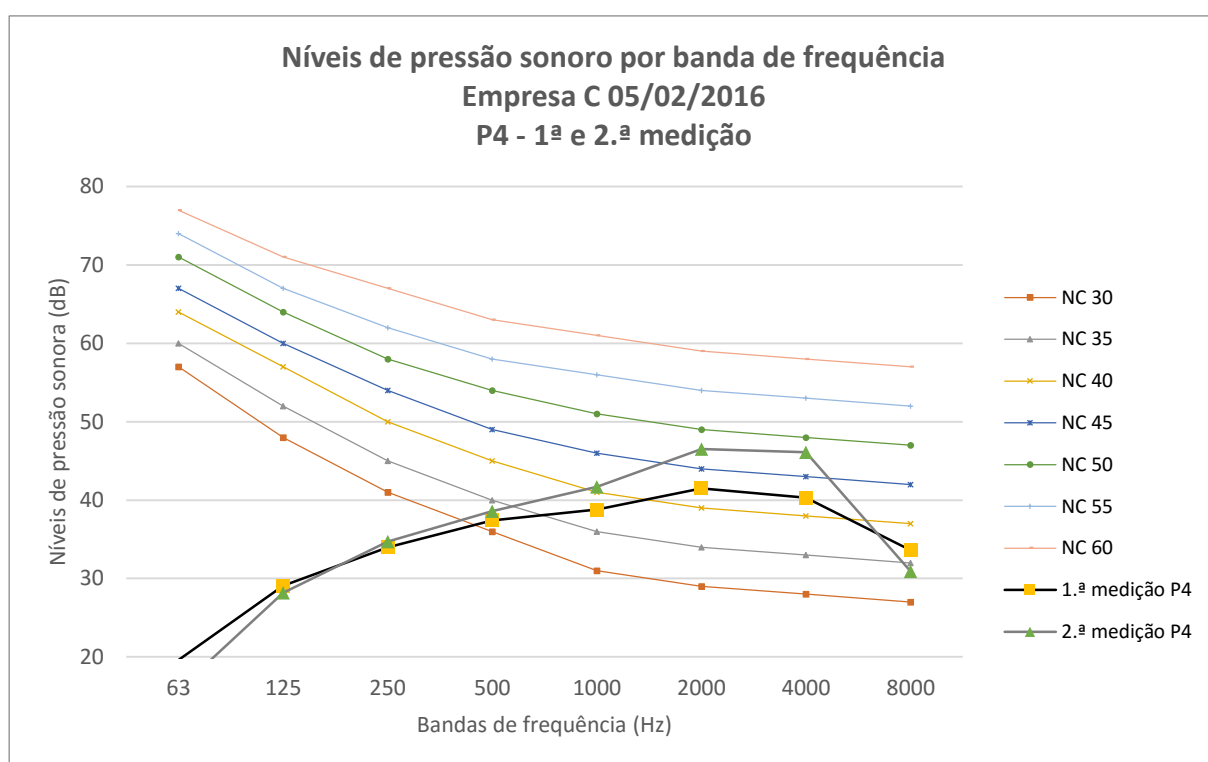


Figura XII 8 – Gráfico: Medições dos níveis de pressão sonora e curvas NC ponto P4 – Empresa C 05/02/2016

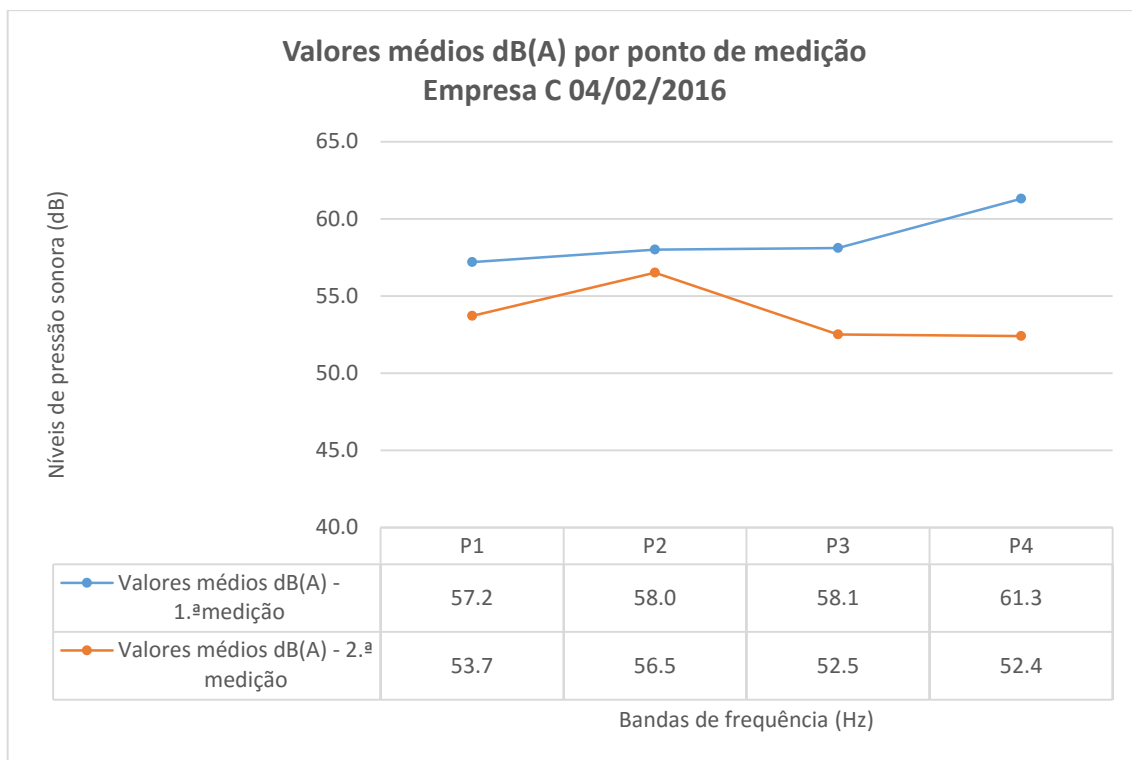


Figura XII 9 – Gráfico: Valores médios dos níveis de pressão sonora – Empresa C 04/02/2016

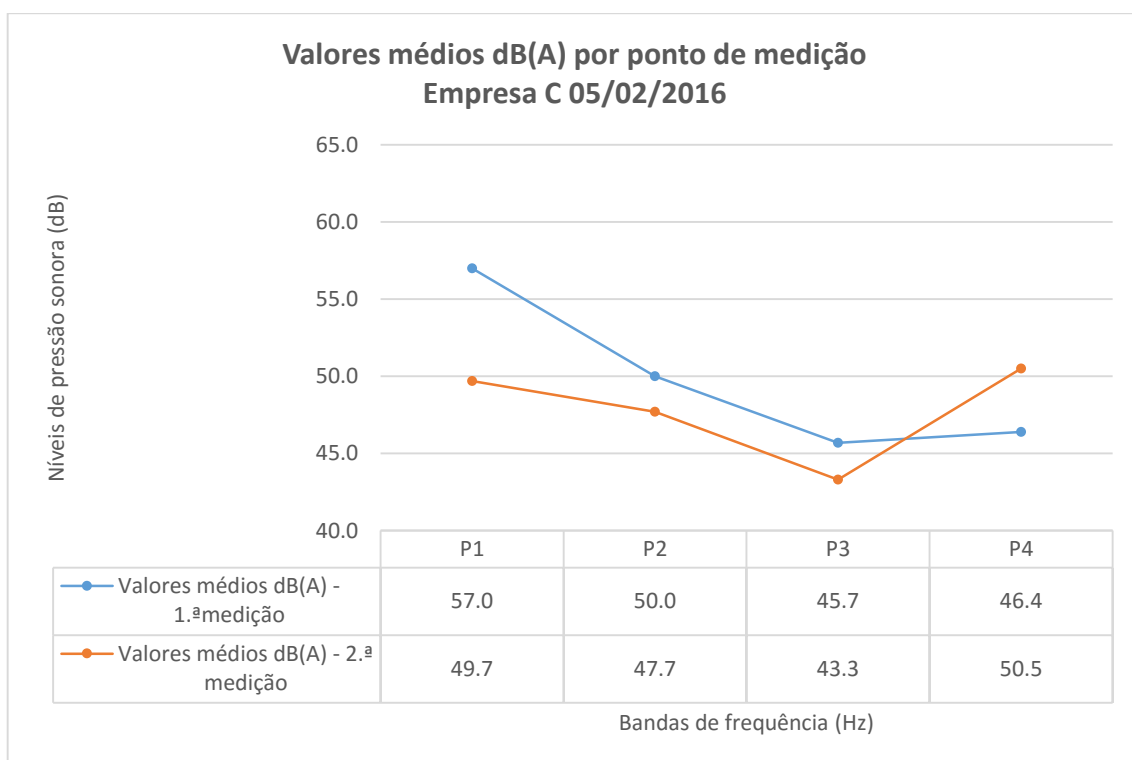


Figura XII 10 - Gráfico: Valores médios dos níveis de pressão sonora – Empresa C 05/02/2016

ANEXO XIII – RASTI – Empresa A

Quadro XIII. 1 – Dados da sala open-space Empresa A

Dados Empresa A	
Largura (m)	9.12
Comprimento (m)	37.50
Pé direito (m)	3.00
A (m ²)	342.08
Volume (m ³)	1026.23

Quadro XIII. 2 – Caracterização das envoltentes da sala open-space Empresa A

Envoltentes	Material
Envoltente interior - Pavimento	Alcatifa delgada
Envoltente interior - Teto	Painéis metálicos perfurados
Envoltente interior - Parede A, B e F	Vidro com função divisória para o interior e armários baixos
Envoltente interior - Parede C e D	Parede divisória em gesso cartonado e armários altos
Envoltente interior - Parede G e H	Abertura para o interior e armários altos
Envoltente interior - Parede E e I	Vidro com função divisória para o interior e armários altos
Envoltente interior - Aberturas	Local de passagem para corredor interior
Envoltente exterior - Janelas	Janelas de vidro de dimensões correntes

Envoltente interior Pavimento	
A (m ²)	342.075
F (Hz)	α
500	0.25
1000	0.30
2000	0.30

Envoltente interior Teto	
A (m ²)	342.075
F (Hz)	α
500	0.75
1000	0.85
2000	0.85

**Envolvente interior
Parede A**

A vidro (m ²)	16.500
A arm. (m ²)	6.000
F (Hz)	α (vidro)
500	0.04
1000	0.03
2000	0.02
F (Hz)	α (arm.)
500	0.10
1000	0.12
2000	0.14

**Envolvente interior
Parede C**

A gesso (m ²)	6.250
A arm. (m ²)	12.500
F (Hz)	α (gesso)
500	0.56
1000	0.69
2000	0.69
F (Hz)	α (arm.)
500	0.10
1000	0.12
2000	0.14

**Envolvente interior
Parede B**

A vidro (m ²)	5.500
A arm. (m ²)	2.000
F (Hz)	α (vidro)
500	0.04
1000	0.03
2000	0.02
F (Hz)	α (arm.)
500	0.10
1000	0.12
2000	0.14

**Envolvente interior
Parede D**

A gesso (m ²)	2.500
A arm. (m ²)	5.000
F (Hz)	α (gesso)
500	0.56
1000	0.69
2000	0.69
F (Hz)	α (arm.)
500	0.10
1000	0.12
2000	0.14

**Envolvente interior
Parede F**

A vidro (m ²)	11.000
A arm. (m ²)	4.000
F (Hz)	α (vidro)
500	0.05
1000	0.04
2000	0.03
F (Hz)	α (arm.)
500	0.10
1000	0.12
2000	0.14

Envolvente interior
Parede G

A aberta (m ²)	9.122
A arm. (m ²)	18.244
F (Hz)	α (aberta)
500	0.50
1000	0.50
2000	0.50
F (Hz)	α (arm.)
500	0.10
1000	0.12
2000	0.14

Envolvente interior
Parede E

A vidro (m ²)	5.000
A arm. (m ²)	10.000
F (Hz)	α (vidro)
500	0.04
1000	0.03
2000	0.02
F (Hz)	α (arm.)
500	0.10
1000	0.12
2000	0.14

Envolvente interior
Parede H

A aberta (m ²)	5.000
A arm. (m ²)	10.000
F (Hz)	α (aberta)
500	0.50
1000	0.50
2000	0.50
F (Hz)	α (arm.)
500	0.10
1000	0.12
2000	0.14

Envolvente interior
Parede I

A vidro (m ²)	5.000
A arm. (m ²)	10.000
F (Hz)	α (vidro)
500	0.04
1000	0.03
2000	0.02
F (Hz)	α (arm.)
500	0.10
1000	0.12
2000	0.14

Envolvente interior
Aberturas

A aberta (m ²)	34.716
F (Hz)	α (aberta)
500	0.50
1000	0.50
2000	0.50

Envolvente exterior
Janelas

A janela (m ²)	112.500
F (Hz)	α (janela)
500	0.18
1000	0.12
2000	0.05

Mobiliário Mesas	
A (m ²)	85.51875
F (Hz)	α
500	0.10
1000	0.12
2000	0.14

Mobiliário Cadeiras com pessoas	
F (Hz)	A
500	0.50
1000	0.65
2000	0.75

Quadro XIII. 3 – Tempo de reverberação por banda de frequência Empresa A

Frequências (Hz)	A _a (m ²)	Tr (s)	Tr médio (s)	Tr máximo (s)
500	410.30	0.40	0.38	1.51
1000	458.98	0.36		
2000	454.04	0.36		

Quadro XIII. 4 – Cálculo do RASTI Empresa A

Empresa A: Ponto 1 - 1ª medição – Dia 1					
F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.94	-0.80	0.47
	2.00	0.53	0.50		
	4.00	0.45	-0.80		
	8.00	0.32	-3.33		
2000	0.70	0.56	1.10		
	1.40	0.55	0.87		
	2.80	0.51	0.09		
	5.60	0.40	-1.83		
	11.20	0.25	-4.80		
Razoável					

Quadro XIII. 5 – Cálculo do RASTI Empresa A

Empresa A: Ponto 1 - 2ª medição – Dia 1					
F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.95	-0.81	0.47
	2.00	0.53	0.51		
	4.00	0.45	-0.79		
	8.00	0.32	-3.32		
2000	0.70	0.56	1.10		
	1.40	0.55	0.86		
	2.80	0.50	0.08		
	5.60	0.40	-1.84		
	11.20	0.25	-4.81		
Razoável					

Quadro XIII. 6 – Cálculo do RASTI Empresa A

Empresa A: Ponto 1 - 1ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.92	-0.82	0.47
	2.00	0.53	0.48		
	4.00	0.45	-0.82		
	8.00	0.32	-3.34		
2000	0.70	0.56	1.10		
	1.40	0.55	0.87		
	2.80	0.51	0.09		
	5.60	0.40	-1.83		
	11.20	0.25	-4.80		
Razoável					

Quadro XIII. 7 -- Cálculo do RASTI Empresa A

Empresa A: Ponto 1 - 2ª medição - Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.93	-0.81	0.47
	2.00	0.53	0.49		
	4.00	0.45	-0.81		
	8.00	0.32	-3.33		
2000	0.70	0.56	1.11		
	1.40	0.55	0.87		
	2.80	0.51	0.09		
	5.60	0.40	-1.83		
	11.20	0.25	-4.80		
Razoável					

Quadro XIII. 8 – Cálculo do RASTI Empresa A

Empresa A: Ponto 3 - 1ª medição - Dia1

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.92	-0.82	0.47
	2.00	0.53	0.48		
	4.00	0.45	-0.81		
	8.00	0.32	-3.34		
2000	0.70	0.56	1.09		
	1.40	0.55	0.85		
	2.80	0.50	0.07		
	5.60	0.40	-1.84		
	11.20	0.25	-4.81		
Razoável					

Quadro XIII. 9 – Cálculo do RASTI Empresa A

Empresa A: Ponto 3 - 2ª medição - Dia 1

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.93	-0.83	0.47
	2.00	0.53	0.49		
	4.00	0.45	-0.80		
	8.00	0.32	-3.33		
2000	0.70	0.56	1.07		
	1.40	0.55	0.84		
	2.80	0.50	0.06		
	5.60	0.39	-1.86		
	11.20	0.25	-4.82		
Razoável					

Quadro XIII. 10 – Cálculo do RASTI Empresa A

Empresa A: Ponto 3 - 1ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.56	0.96	-0.80	0.47
	2.00	0.53	0.52		
	4.00	0.46	-0.78		
	8.00	0.32	-3.31		
2000	0.70	0.56	1.11		
	1.40	0.55	0.88		
	2.80	0.51	0.09		
	5.60	0.40	-1.83		
	11.20	0.25	-4.80		
Razoável					

Quadro XIII. 11 – Cálculo do RASTI Empresa A

Empresa A: Ponto 3 - 2ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.96	-0.82	0.47
	2.00	0.53	0.52		
	4.00	0.46	-0.78		
	8.00	0.32	-3.32		
2000	0.70	0.56	1.06		
	1.40	0.55	0.83		
	2.80	0.50	0.05		
	5.60	0.39	-1.86		
	11.20	0.25	-4.83		
Razoável					

ANEXO XIV – RASTI – Empresa B

Quadro XIV. 1 – Dados da sala open-space Empresa B

Dados Empresa B	
Largura 1 (m)	6.600
Comprimento 1 (m)	12.600
Largura 2 (m)	5
Comprimento 2 (m)	3.6
Pé direito (m)	2.700
A (m ²)	101.160
Volume (m ³)	273.132

Quadro XIV. 2 - Caracterização das envoltentes da sala open-space Empresa B

Envoltentes	Material
Envoltente interior - Pavimento	Madeira
Envoltente interior - Teto	Painéis semi-rígidos de fibras minerais
Envoltente exterior - Parede A	Janelas de vidro com dimensões correntes e parede baixa
Envoltente exterior - Parede B	Janelas de vidro com dimensões correntes
Envoltente exterior - Parede C	Abertura para o interior
Envoltente interior - Parede D	Parede de tijolo rebocada com abertura
Envoltente interior – Parede E	Parede de tijolo rebocada com porta de madeira

Envoltente interior Pavimento	
A (m ²)	101.16
F (Hz)	α
500	0.06
1000	0.05
2000	0.05

Envoltente interior Teto	
A (m ²)	101.160
F (Hz)	α
500	0.67
1000	0.75
2000	0.80

Envolvente exterior	
Parede A	
A janela (m ²)	36.300
A parede (m ²)	29.040
F (Hz)	α (janela)
500	0.18
1000	0.12
2000	0.05
F (Hz)	α (parede)
500	0.01
1000	0.02
2000	0.02

Envolvente interior	
Parede E	
A aberta (m ²)	8.120
A porta (m ²)	1.600
F (Hz)	α (aberta)
500	0.50
1000	0.50
2000	0.50
F (Hz)	α (porta)
500	0.08
1000	0.08
2000	0.08

Envolvente exterior	
Janelas	
A janelas (m ²)	17.820
F (Hz)	α (janela)
500	0.18
1000	0.12
2000	0.05

Envolvente interior	
Parede D	
A parede (m ²)	10.800
A aberta (m ²)	2.700
F (Hz)	α (parede)
500	0.01
1000	0.02
2000	0.02
F (Hz)	α (aberta)
500	0.50
1000	0.50
2000	0.50

Envolvente interior	
Aberturas	
A aberta (m ²)	4.800
F (Hz)	α (aberta)
500	0.50
1000	0.50
2000	0.50

Mobiliário	
Mesas	
A (m ²)	31.2
F (Hz)	α
500	0.06
1000	0.05
2000	0.05

Mobiliário	
Cadeiras com pessoas	
F (Hz)	A
500	0.50
1000	0.65
2000	0.75

Quadro XIV. 3 – Tempo de reverberação por banda de frequência Empresa B

Frequências (Hz)	A_α (m ²)	Tr (s)	Tr médio (s)	Tr máximo (s)
500	94.297	0.47	0.45	0.97
1000	98.367	0.45		
2000	99.737	0.44		

Quadro XIV. 4 - Cálculo do RASTI Empresa B

Empresa B: Ponto 1 - 1ª medição - Dia 1

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.89	-1.15	0.46
	2.00	0.52	0.32		
	4.00	0.43	-1.24		
	8.00	0.29	-3.98		
2000	0.70	0.56	1.05		
	1.40	0.54	0.75		
	2.80	0.49	-0.23		
	5.60	0.36	-2.41		
	11.20	0.22	-5.51		
Razoável					

Quadro XIV. 5 - Cálculo do RASTI Empresa B

Empresa B: Ponto 1 - 2ª medição – Dia 1

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.90	-1.15	0.46
	2.00	0.52	0.33		
	4.00	0.43	-1.23		
	8.00	0.29	-3.97		
2000	0.70	0.56	1.04		
	1.40	0.54	0.74		
	2.80	0.49	-0.24		
	5.60	0.36	-2.42		
	11.20	0.22	-5.51		
Razoável					

Quadro XIV. 6 - Cálculo do RASTI Empresa B

Empresa B: Ponto 1 - 1ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.87	-1.15	0.46
	2.00	0.52	0.30		
	4.00	0.43	-1.25		
	8.00	0.29	-3.99		
2000	0.70	0.56	1.06		
	1.40	0.54	0.76		
	2.80	0.49	-0.22		
	5.60	0.37	-2.40		
	11.20	0.22	-5.50		
Razoável					

Quadro XIV. 7 - Cálculo do RASTI Empresa B

Empresa B: Ponto 1 - 2ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.89	-1.15	0.46
	2.00	0.52	0.32		
	4.00	0.43	-1.23		
	8.00	0.29	-3.98		
2000	0.70	0.56	1.06		
	1.40	0.54	0.75		
	2.80	0.49	-0.22		
	5.60	0.36	-2.41		
	11.20	0.22	-5.50		
Razoável					

Quadro XIV. 8 - Cálculo do RASTI Empresa B

Empresa B: Ponto 3 - 1ª medição – Dia 1

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.56	0.96	-1.14	0.46
	2.00	0.52	0.39		
	4.00	0.43	-1.18		
	8.00	0.29	-3.93		
2000	0.70	0.56	1.02		
	1.40	0.54	0.72		
	2.80	0.49	-0.25		
	5.60	0.36	-2.43		
	11.20	0.22	-5.52		
Razoável					

Quadro XIV. 9 - Cálculo do RASTI Empresa B

Empresa B: Ponto 3 - 2ª medição – Dia 1

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.88	-1.14	0.46
	2.00	0.52	0.31		
	4.00	0.43	-1.24		
	8.00	0.29	-3.99		
2000	0.70	0.56	1.07		
	1.40	0.54	0.77		
	2.80	0.49	-0.21		
	5.60	0.37	-2.40		
	11.20	0.22	-5.50		
Razoável					

Quadro XIV. 10 - Cálculo do RASTI Empresa B

Empresa B: Ponto 3 - 1ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.94	-1.14	0.46
	2.00	0.52	0.37		
	4.00	0.43	-1.20		
	8.00	0.29	-3.95		
2000	0.70	0.56	1.04		
	1.40	0.54	0.74		
	2.80	0.49	-0.24		
	5.60	0.36	-2.42		
	11.20	0.22	-5.51		
Razoável					

Quadro XIV. 11 - Cálculo do RASTI Empresa B

Empresa B: Ponto 3 - 2ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.55	0.92	-1.14	0.46
	2.00	0.52	0.35		
	4.00	0.43	-1.21		
	8.00	0.29	-3.96		
2000	0.70	0.56	1.04		
	1.40	0.54	0.74		
	2.80	0.49	-0.24		
	5.60	0.36	-2.42		
	11.20	0.22	-5.51		
Razoável					

ANEXO XV – RASTI – Empresa C

Quadro XV. 1 - Dados da sala open-space Empresa C

Dados Empresa C

Largura (m)	5.500
Comprimento (m)	10.500
Pé direito (m)	2.700
A (m ²)	57.750
Volume (m ³)	155.925

Quadro XV. 2 - Caracterização das envoltentes da sala open-space Empresa C

Envoltentes	Material
Envolvente interior - Pavimento	Ladrilhos vinílicos
Envolvente interior - Teto	Teto falso em gesso cartonado
Envolvente exterior - Parede A	Janelas de vidro com dimensões correntes
Envolvente exterior/interior - Parede B	Parede de alvenaria de tijolo rebocado

**Envolvente interior
Pavimento**

A (m ²)	57.75
F (Hz)	α
500	0.03
1000	0.03
2000	0.03

**Envolvente interior
Teto**

A (m ²)	57.750
F (Hz)	α
500	0.05
1000	0.05
2000	0.07

**Envolvente exterior
Janelas**

A janelas (m ²)	14.850
F (Hz)	α (janela)
500	0.18
1000	0.12
2000	0.05

**Envolvente exterior/interior
Parede B**

A parede (m ²)	71.550
F (Hz)	α (parede)
500	0.01
1000	0.02
2000	0.02

Mobiliário Mesas	
A (m ²)	19.35
F (Hz)	α
500	0.06
1000	0.05
2000	0.05

Mobiliário Cadeiras com pessoas	
F (Hz)	A
500	0.50
1000	0.65
2000	0.75

Quadro XV. 3 - Tempo de reverberação por banda de frequência Empresa C

Frequências (Hz)	A _α (m ²)	Tr (s)	Tr médio (s)	Tr máximo (s)
500	8.954	2.80	2.99	0.80
1000	8.020	3.13		
2000	8.235	3.05		

Quadro XV. 4 – Cálculo do RASTI Empresa C

Empresa C: Ponto 1 - 1ª medição – Dia 1

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.35	-2.77	-7.52	0.25
	2.00	0.20	-5.90		
	4.00	0.11	-9.18		
	8.00	0.05	-12.38		
2000	0.70	0.42	-1.34		
	1.40	0.28	-4.16		
	2.80	0.15	-7.43		
	5.60	0.08	-10.69		
	11.20	0.04	-13.84		
Mau					

Quadro XV. 5 – Cálculo do RASTI Empresa C

Empresa C: Ponto 1 - 2ª medição – Dia 1

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.35	-2.77	-7.51	0.25
	2.00	0.20	-5.90		
	4.00	0.11	-9.18		
	8.00	0.05	-12.38		
2000	0.70	0.42	-1.33		
	1.40	0.28	-4.15		
	2.80	0.15	-7.42		
	5.60	0.08	-10.68		
	11.20	0.04	-13.84		
Mau					

Quadro XV. 6 – Cálculo do RASTI Empresa C

Empresa C: Ponto 1 - 1ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.35	-2.76	-7.53	0.25
	2.00	0.20	-5.89		
	4.00	0.11	-9.17		
	8.00	0.05	-12.37		
2000	0.70	0.42	-1.36		
	1.40	0.28	-4.18		
	2.80	0.15	-7.45		
	5.60	0.08	-10.70		
	11.20	0.04	-13.86		
Mau					

Quadro XV. 7 – Cálculo do RASTI Empresa C

Empresa C: Ponto 1 - 2ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.35	-2.67	-7.50	0.25
	2.00	0.21	-5.82		
	4.00	0.11	-9.11		
	8.00	0.06	-12.31		
2000	0.70	0.42	-1.38		
	1.40	0.28	-4.20		
	2.80	0.15	-7.46		
	5.60	0.08	-10.71		
	11.20	0.04	-13.87		
Mau					

Quadro XV. 8 – Cálculo do RASTI Empresa C

Empresa C: Ponto 3 - 1ª medição – Dia 1

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.35	-2.77	-7.53	0.25
	2.00	0.20	-5.90		
	4.00	0.11	-9.18		
	8.00	0.05	-12.38		
2000	0.70	0.42	-1.36		
	1.40	0.28	-4.18		
	2.80	0.15	-7.45		
	5.60	0.08	-10.70		
	11.20	0.04	-13.86		
Mau					

Quadro XV. 9 – Cálculo do RASTI Empresa C

Empresa C: Ponto 3 - 2ª medição – Dia 1

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.35	-2.74	-7.52	0.25
	2.00	0.21	-5.88		
	4.00	0.11	-9.16		
	8.00	0.05	-12.36		
2000	0.70	0.42	-1.36		
	1.40	0.28	-4.18		
	2.80	0.15	-7.44		
	5.60	0.08	-10.70		
	11.20	0.04	-13.86		
Mau					

Quadro XV. 10 – Cálculo do RASTI Empresa C

Empresa C: Ponto 3 - 1ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.35	-2.65	-7.50	0.25
	2.00	0.21	-5.80		
	4.00	0.11	-9.09		
	8.00	0.06	-12.30		
2000	0.70	0.42	-1.39		
	1.40	0.28	-4.20		
	2.80	0.15	-7.47		
	5.60	0.08	-10.72		
	11.20	0.04	-13.87		
Mau					

Quadro XV. 11 – Cálculo do RASTI Empresa C

Empresa C: Ponto 3 - 2ª medição – Dia 2

F0 (Hz)	Fm (Hz)	m(F0,Fm)	S/N (ap)	Média S/N (ap)	RASTI
500	1.00	0.35	-2.68	-7.50	0.25
	2.00	0.21	-5.82		
	4.00	0.11	-9.11		
	8.00	0.06	-12.32		
2000	0.70	0.42	-1.38		
	1.40	0.28	-4.19		
	2.80	0.15	-7.46		
	5.60	0.08	-10.71		
	11.20	0.04	-13.87		
Mau					

ANEXO XVI – Inquérito caso de estudo – Gráficos Empresa A

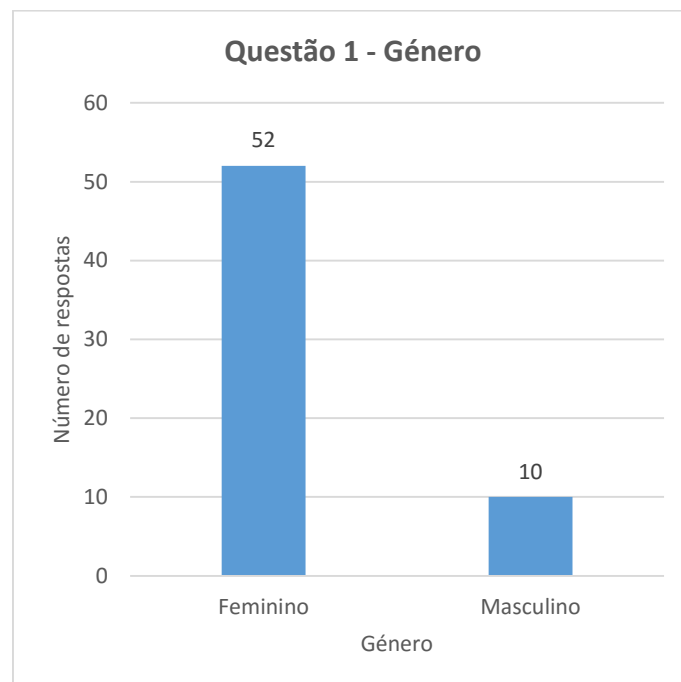


Figura XVI. 1 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 1

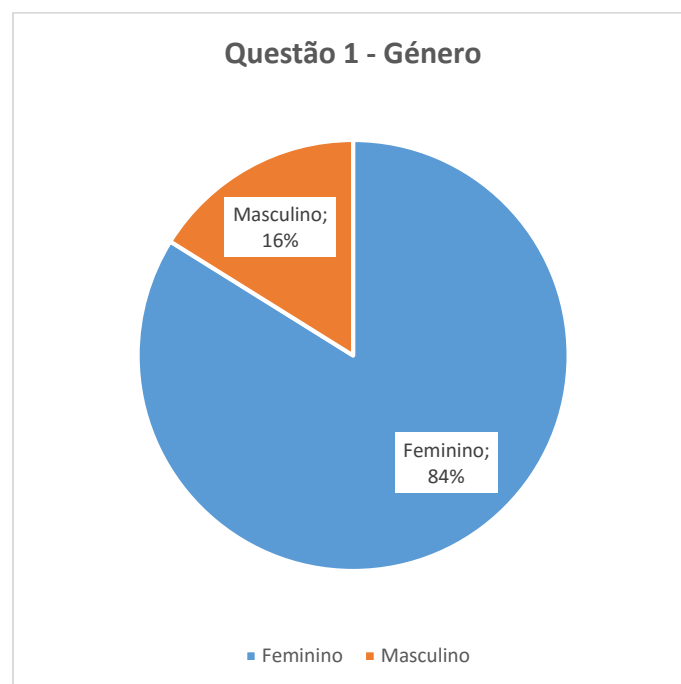


Figura XVI. 2 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 1 (%)

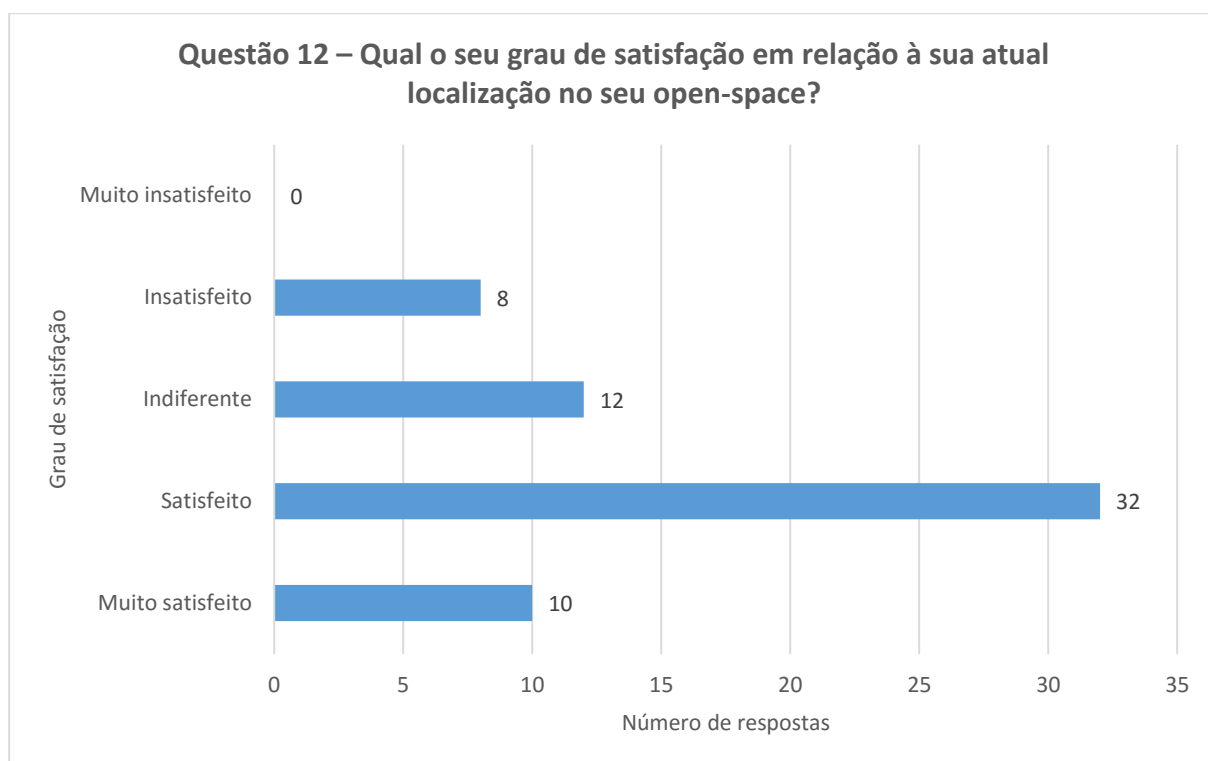


Figura XVI. 3 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 12



Figura XVI. 4 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 12 (%)

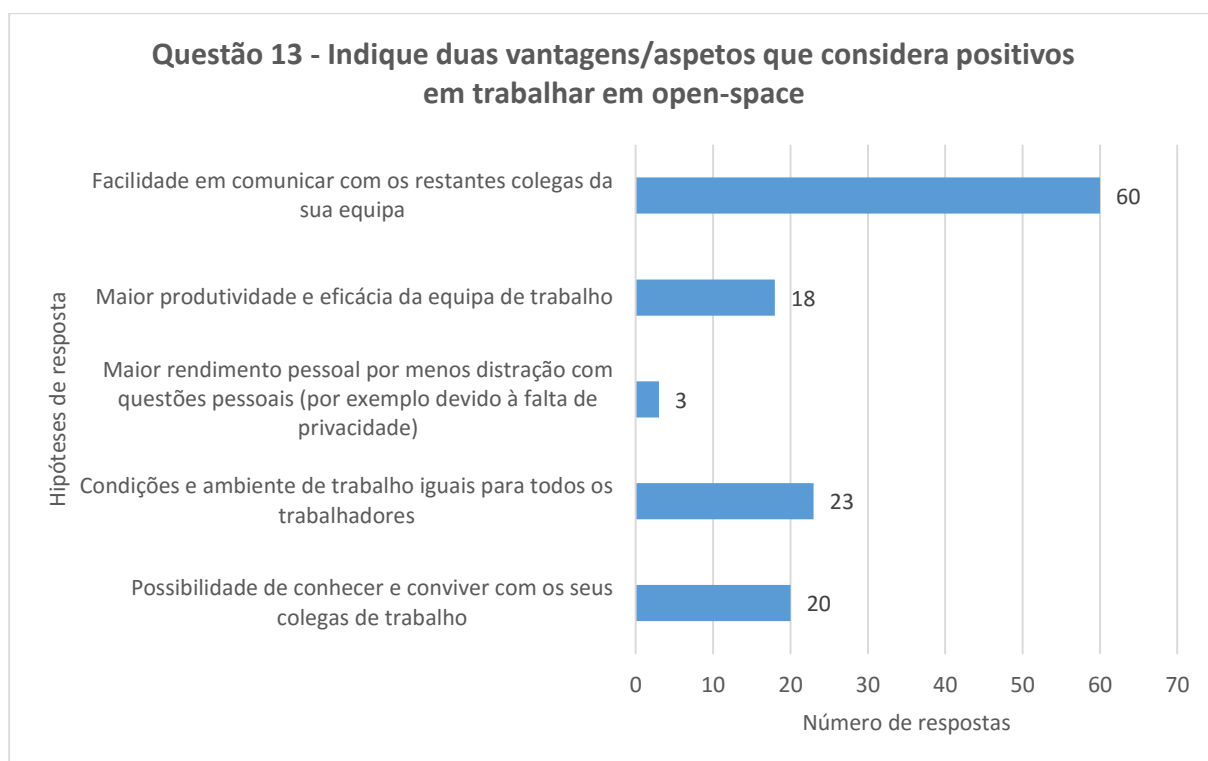


Figura XVI. 5 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 13

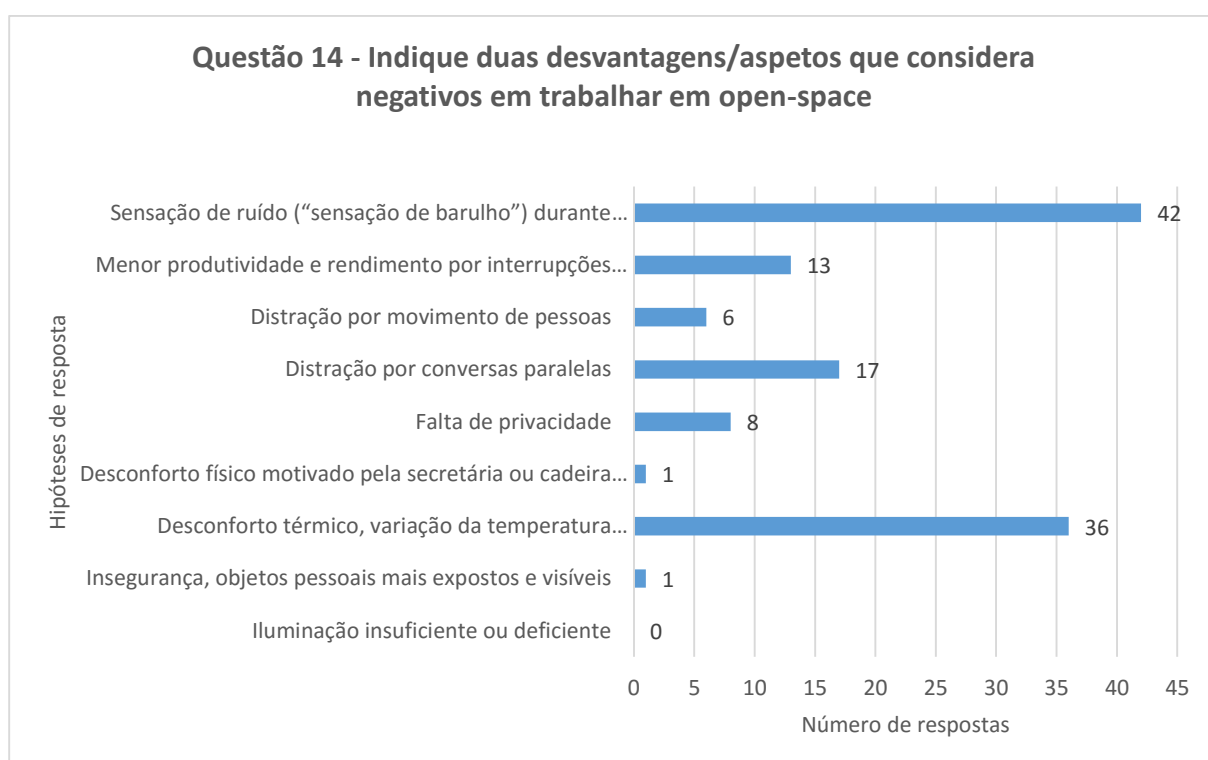


Figura XVI. 6 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 14

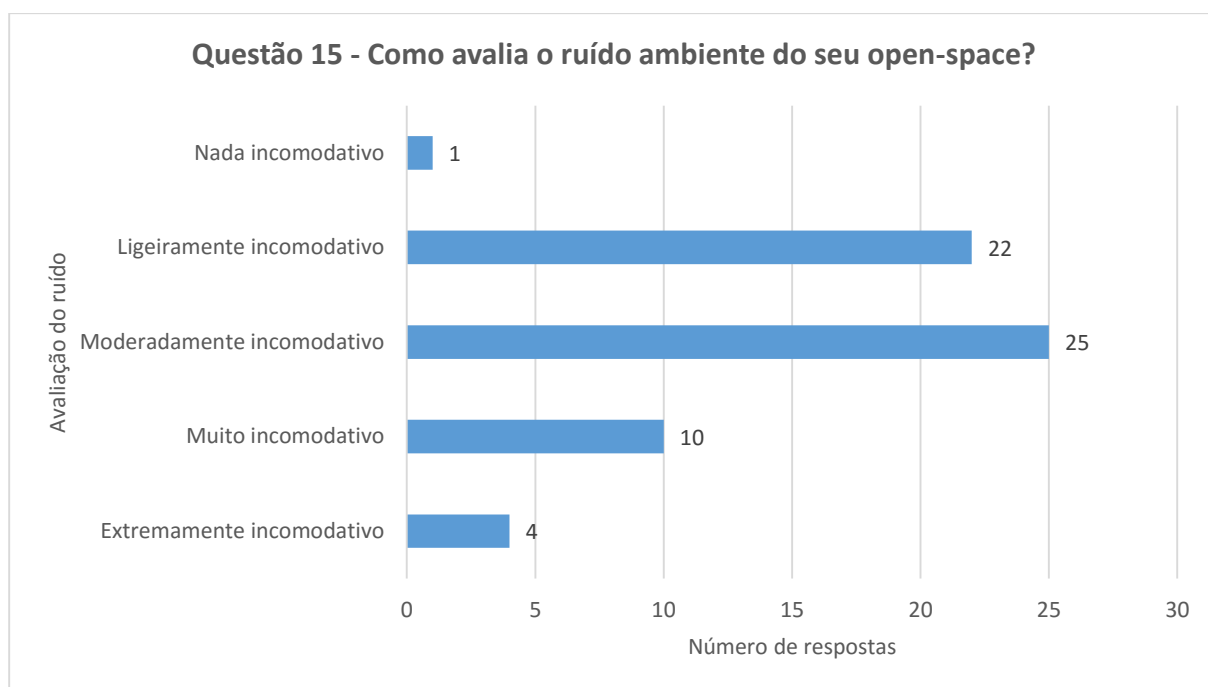


Figura XVI. 7 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 15

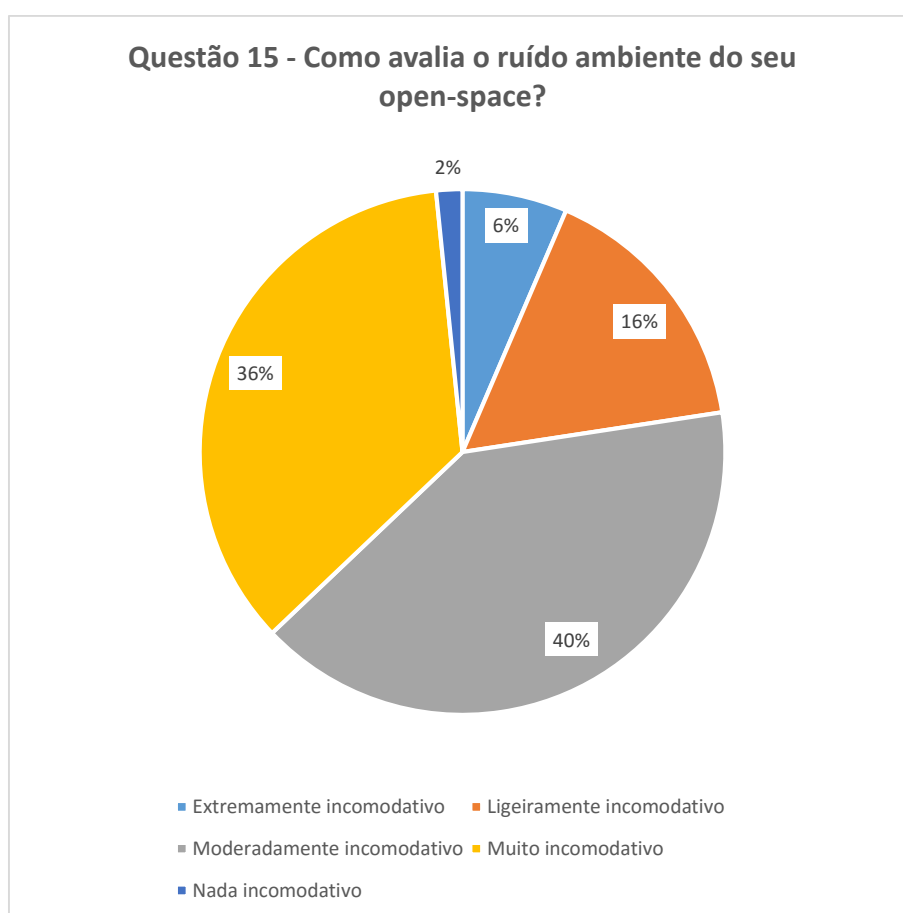


Figura XVI. 8 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 15 (%)

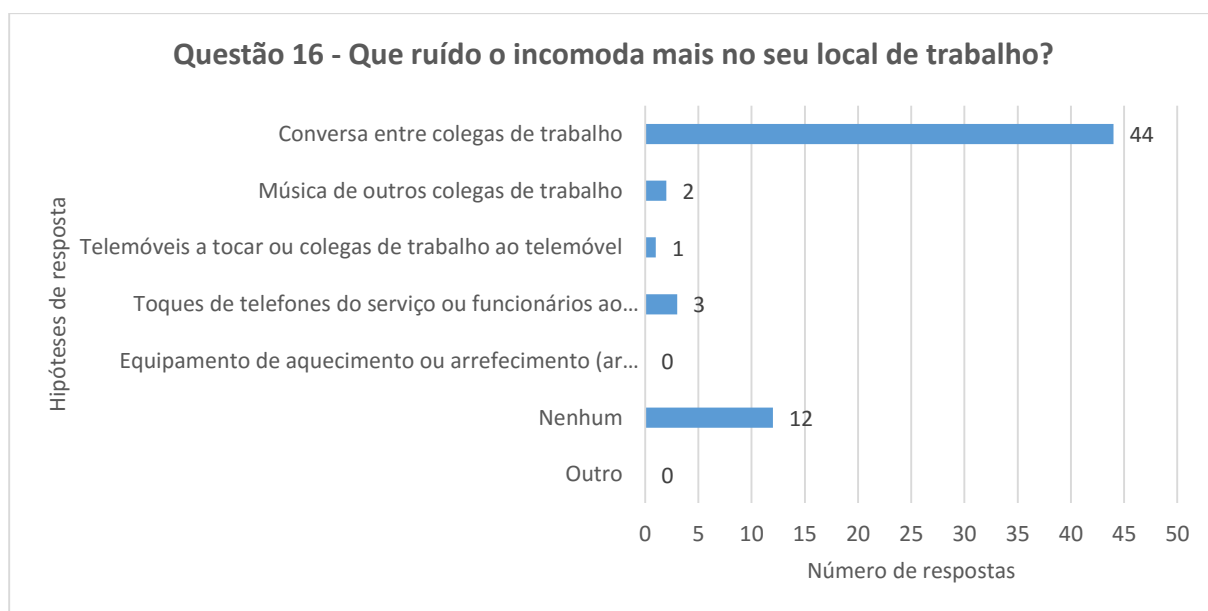


Figura XVI. 9 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 16

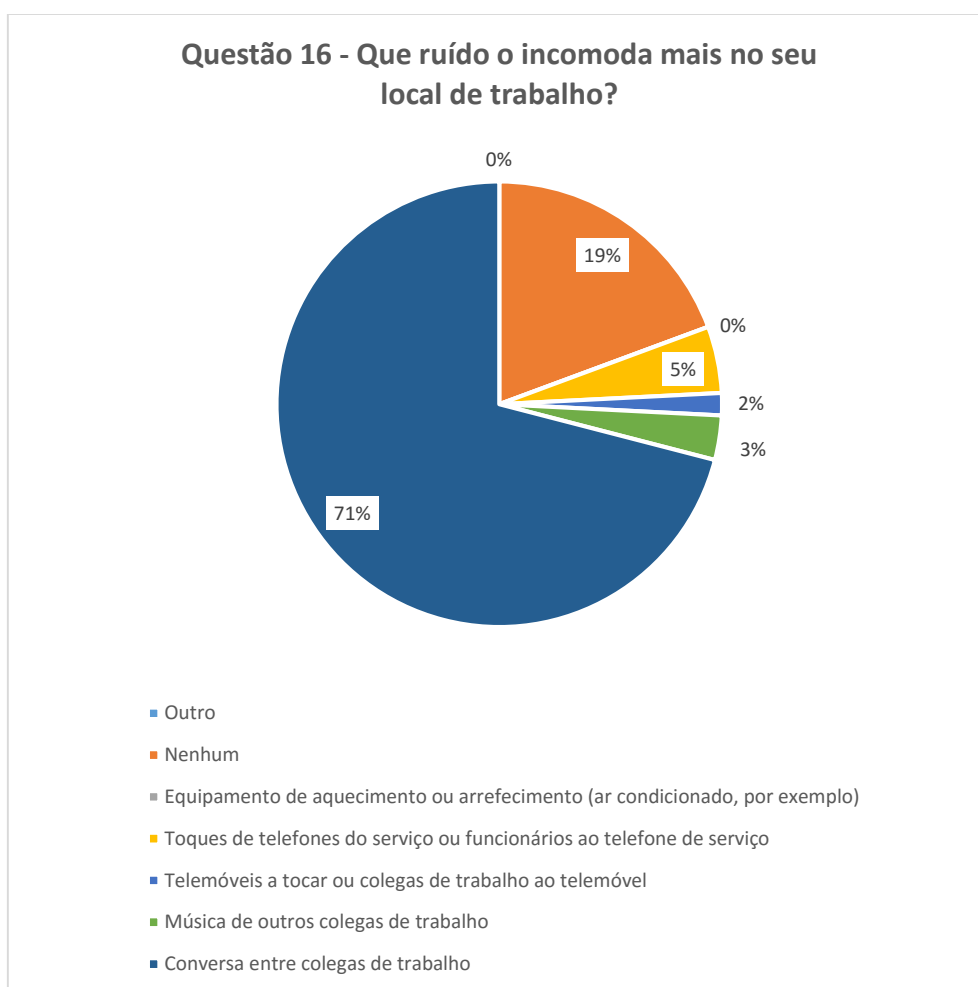


Figura XVI. 10 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 16 (%)

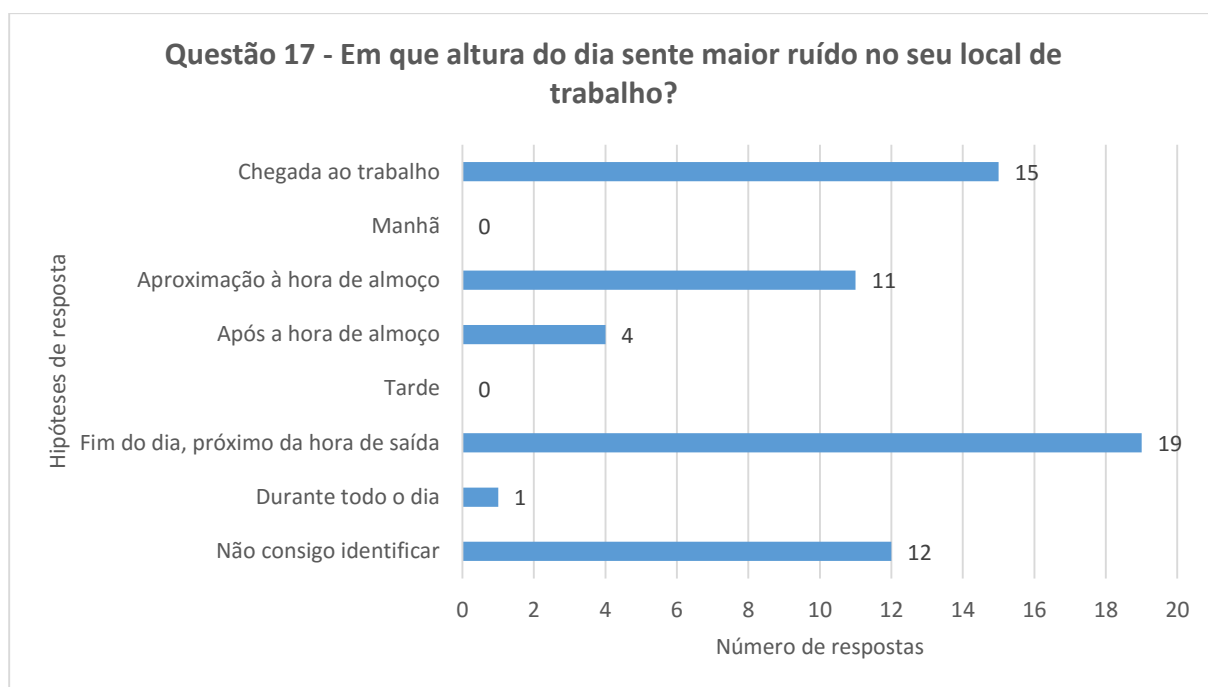


Figura XVI. 11 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 17

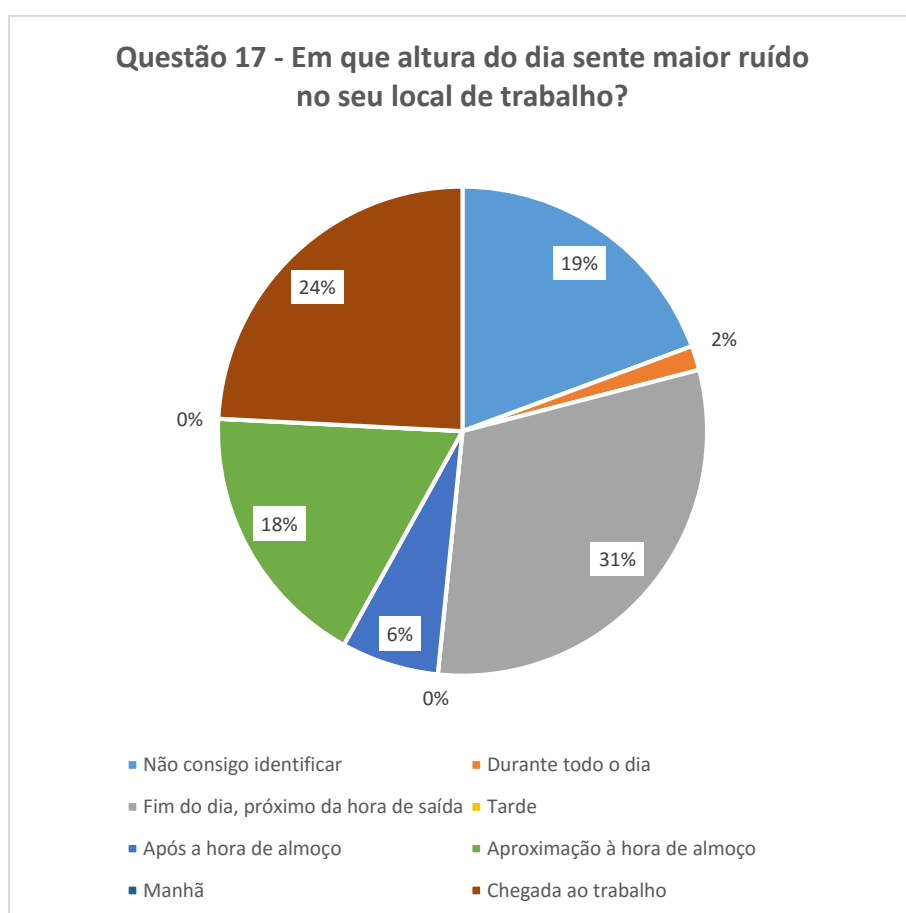


Figura XVI. 12 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 17 (%)

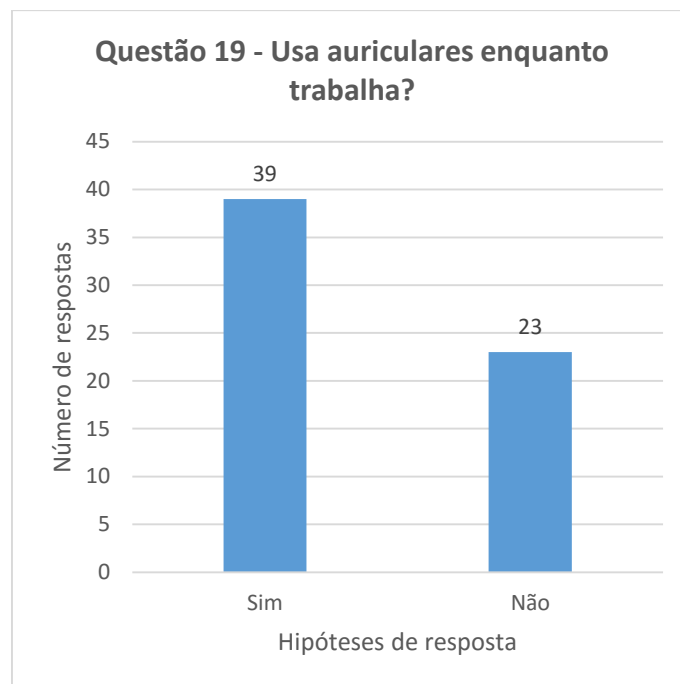


Figura XVI. 13 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 19

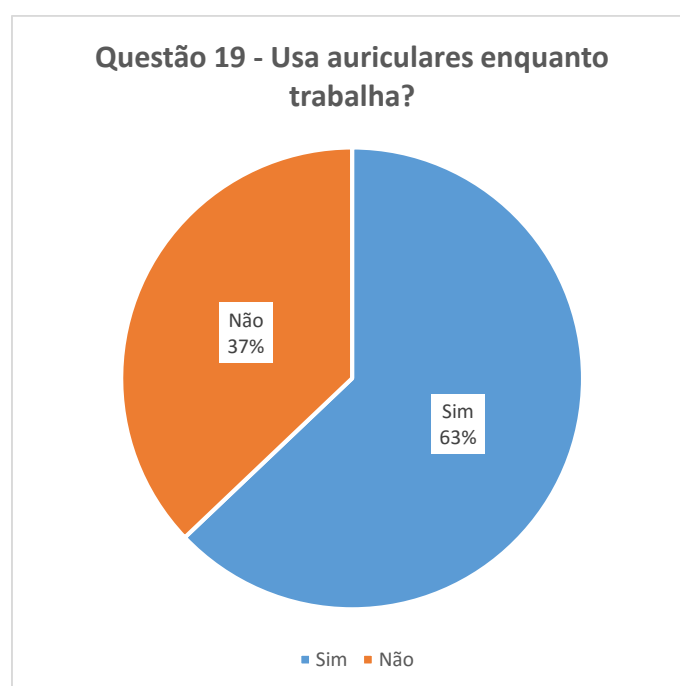


Figura XVI. 14 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 19 (%)

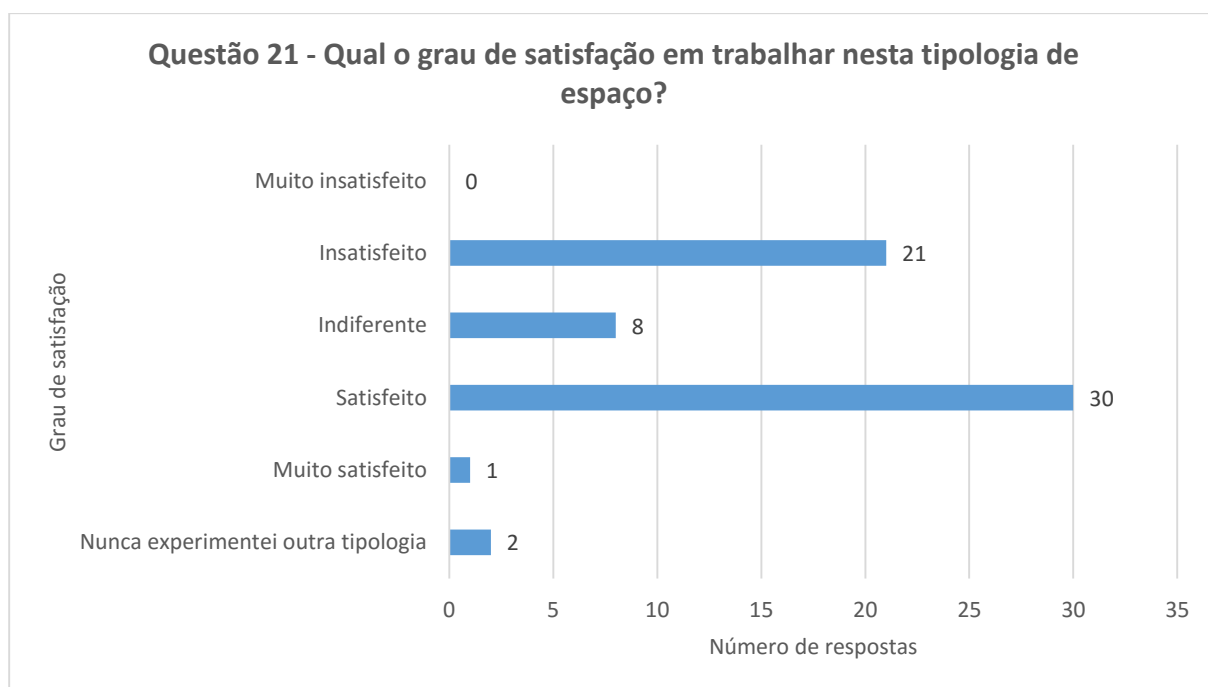


Figura XVI. 15 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 21

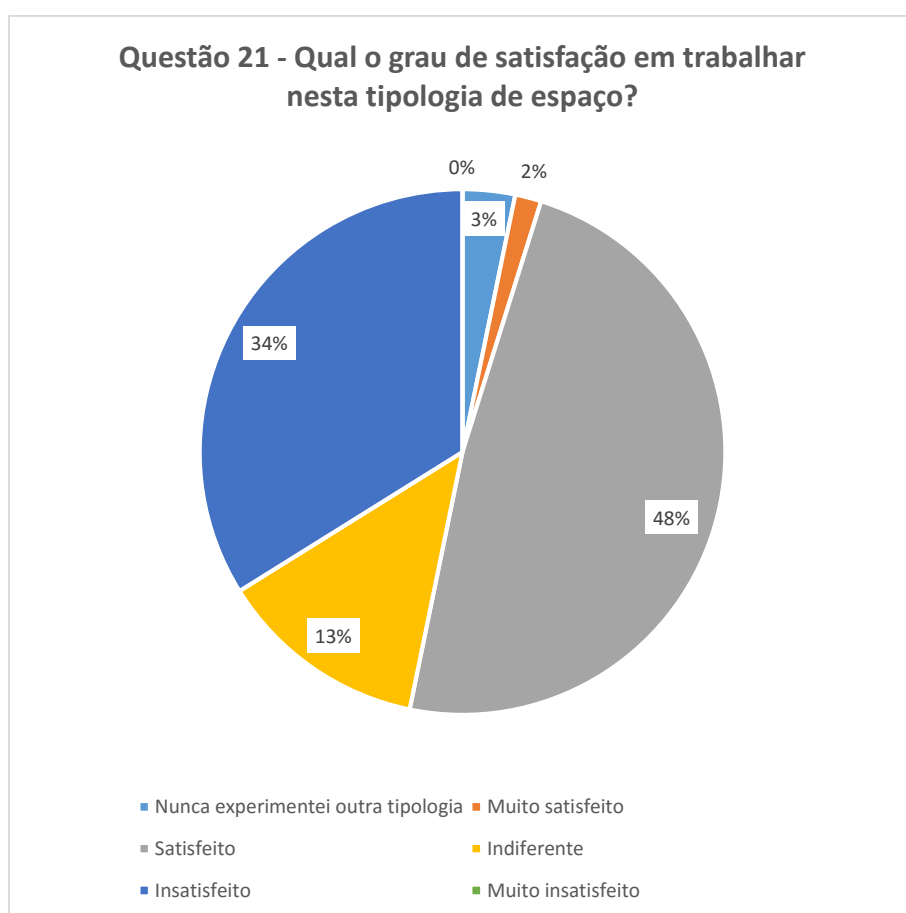


Figura XVI. 16 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 21 (%)

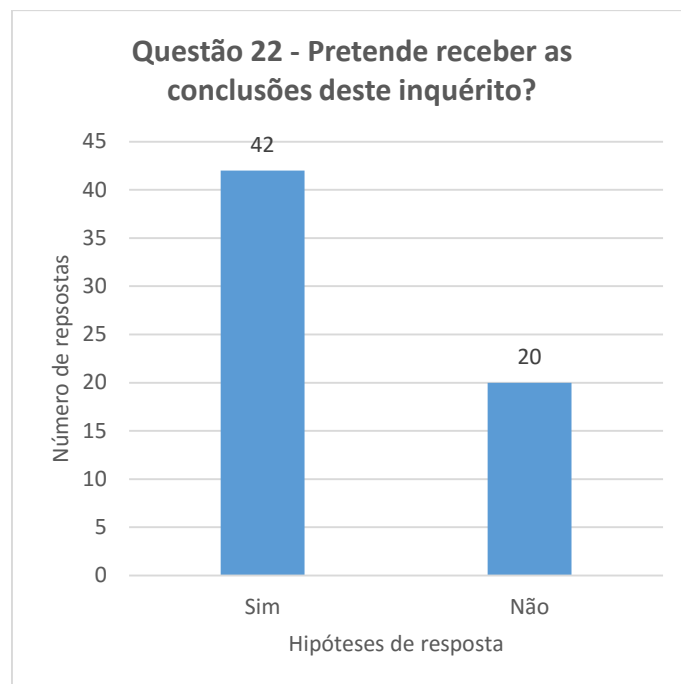


Figura XVI. 17 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 22

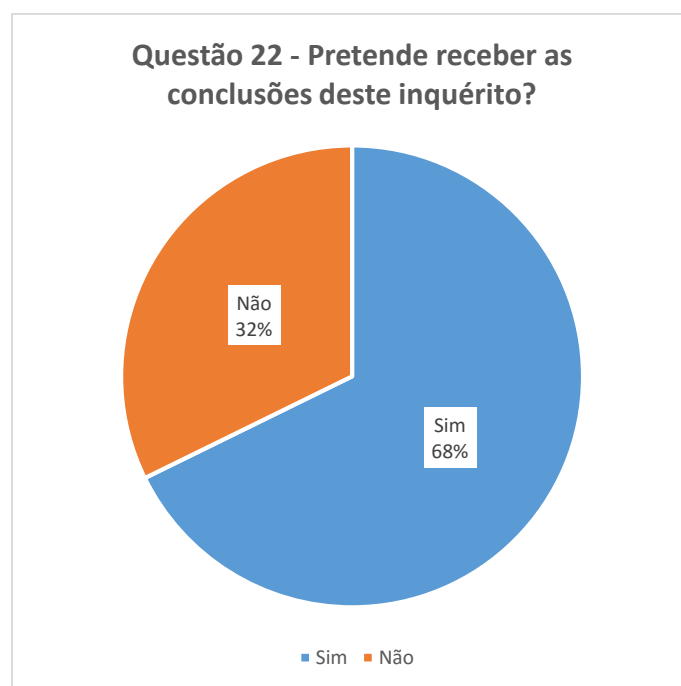


Figura XVI. 18 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa A – Questão 22 (%)

ANEXO XVII – Inquérito caso de estudo – Gráficos Empresa B

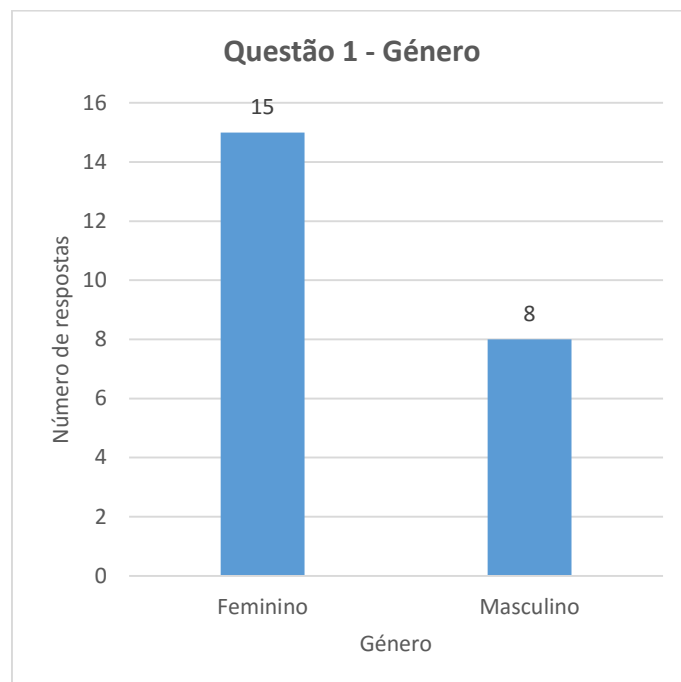


Figura XVII. 1 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 1

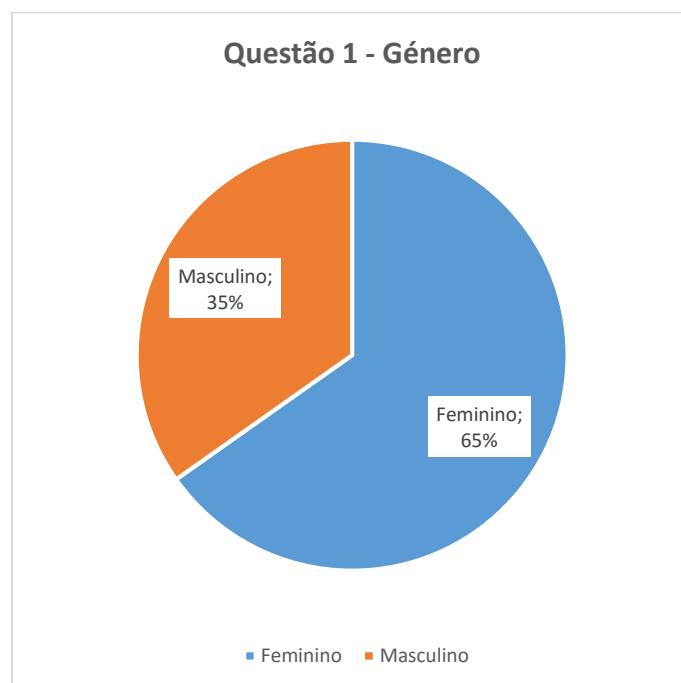


Figura XVII. 2 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 1 (%)

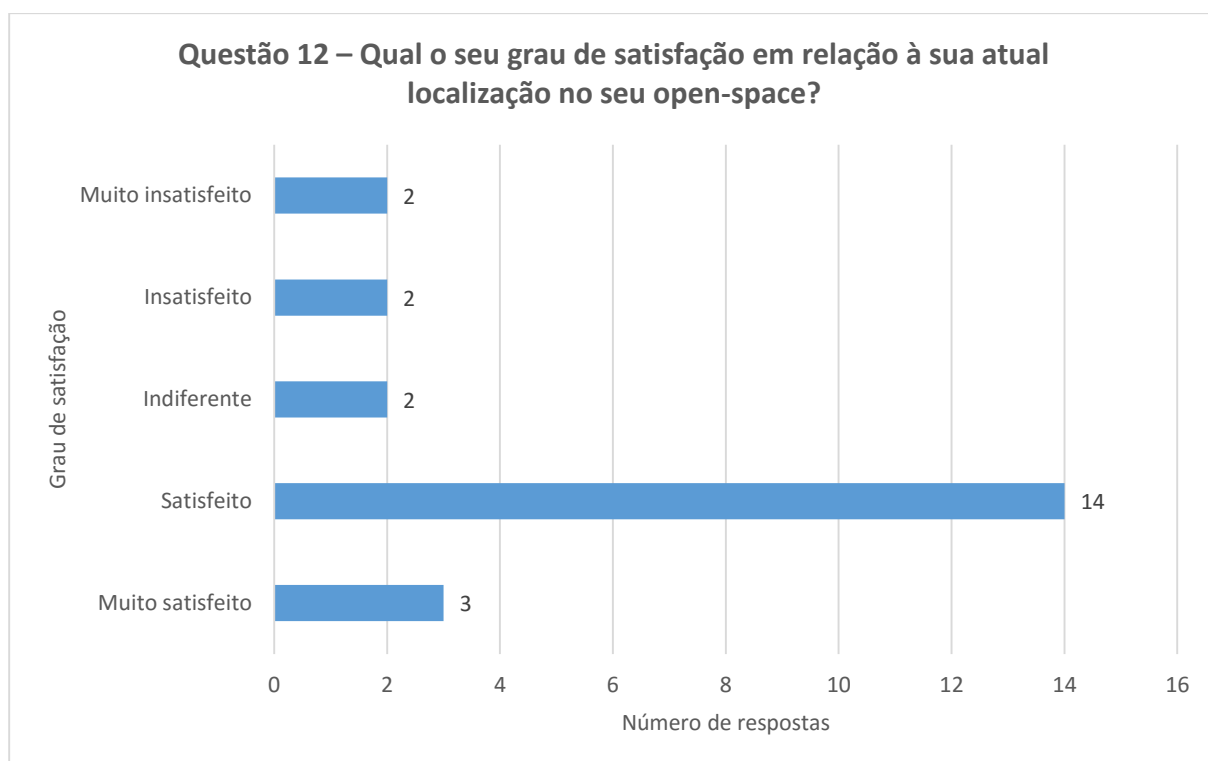


Figura XVII. 3 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 12



Figura XVII. 4 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 12 (%)

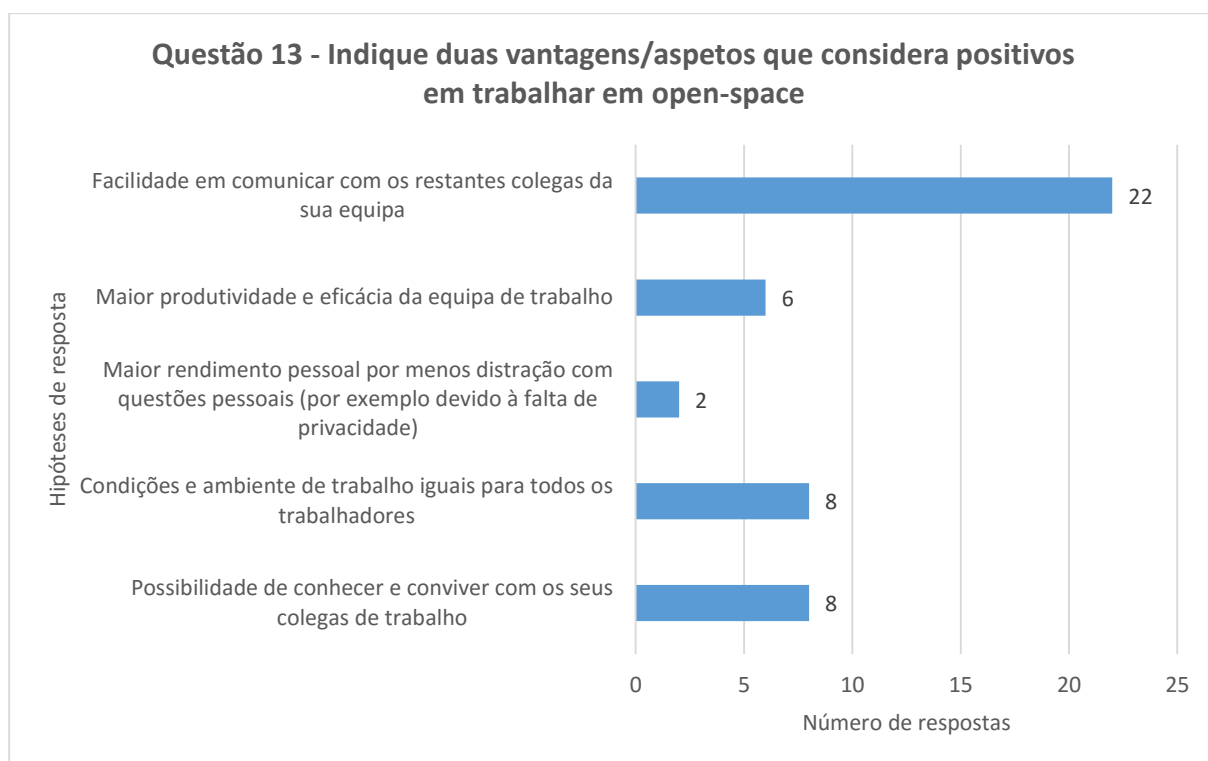


Figura XVII. 5 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 13

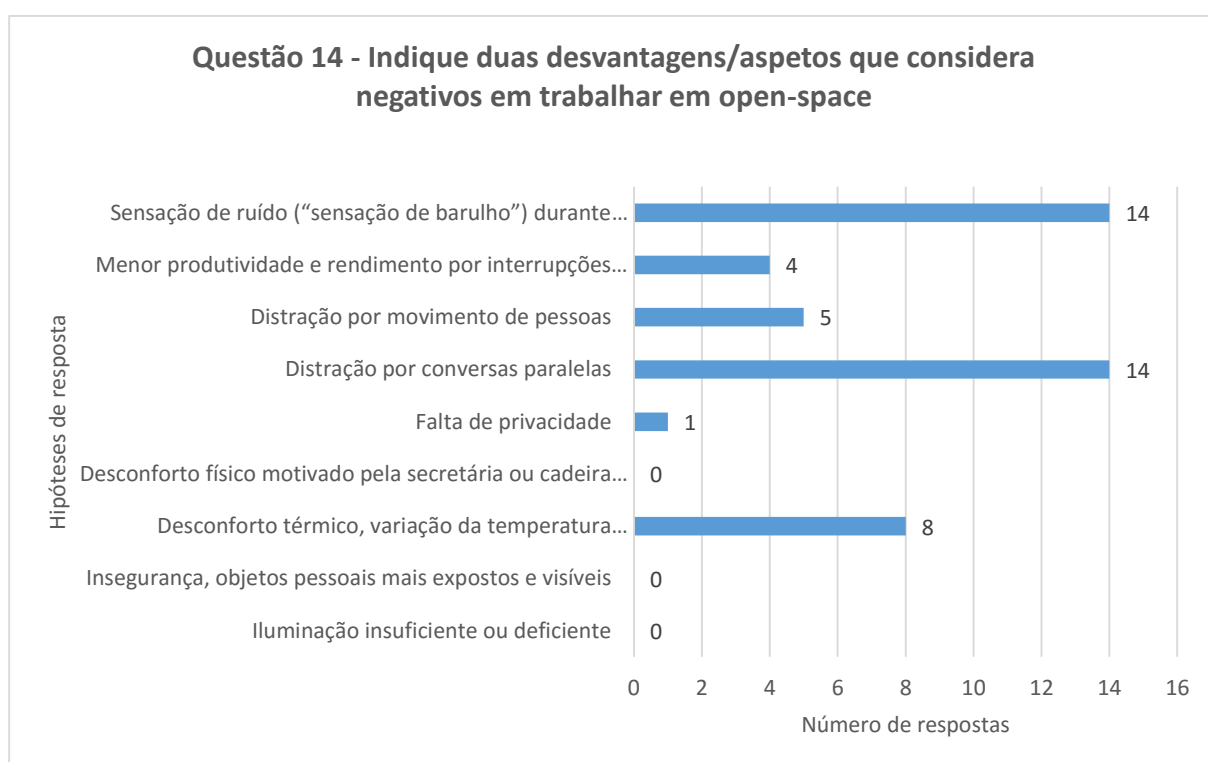


Figura XVII. 6 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 14

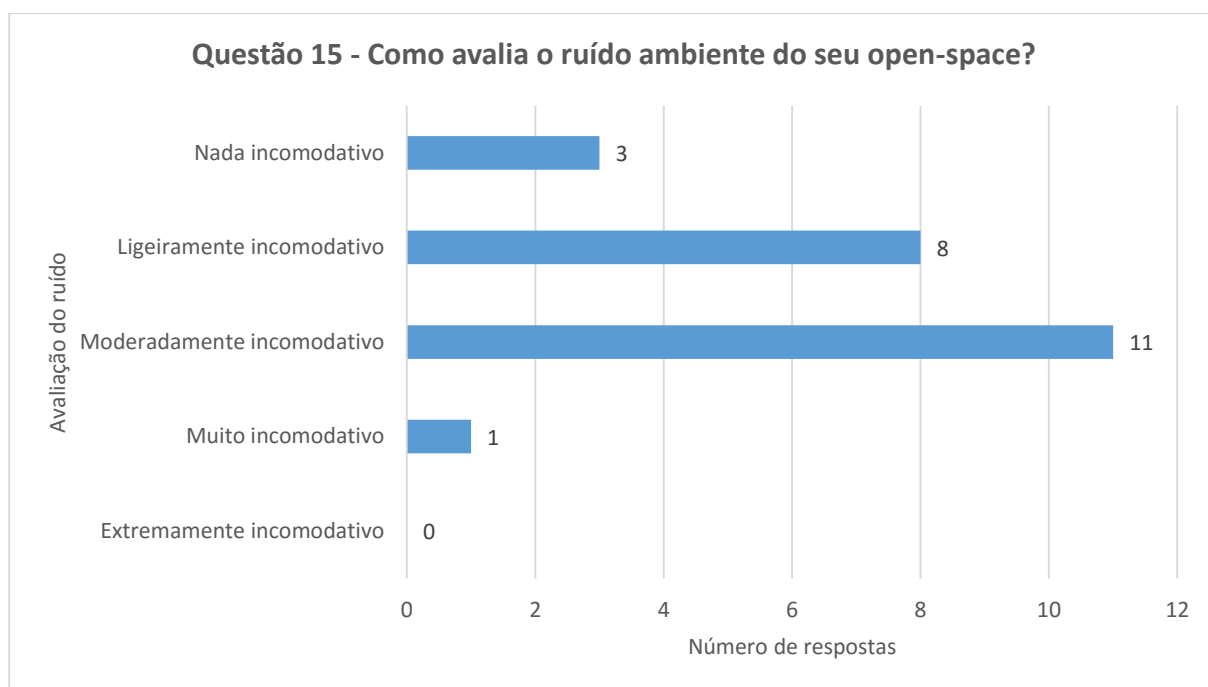


Figura XVII. 7 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 15

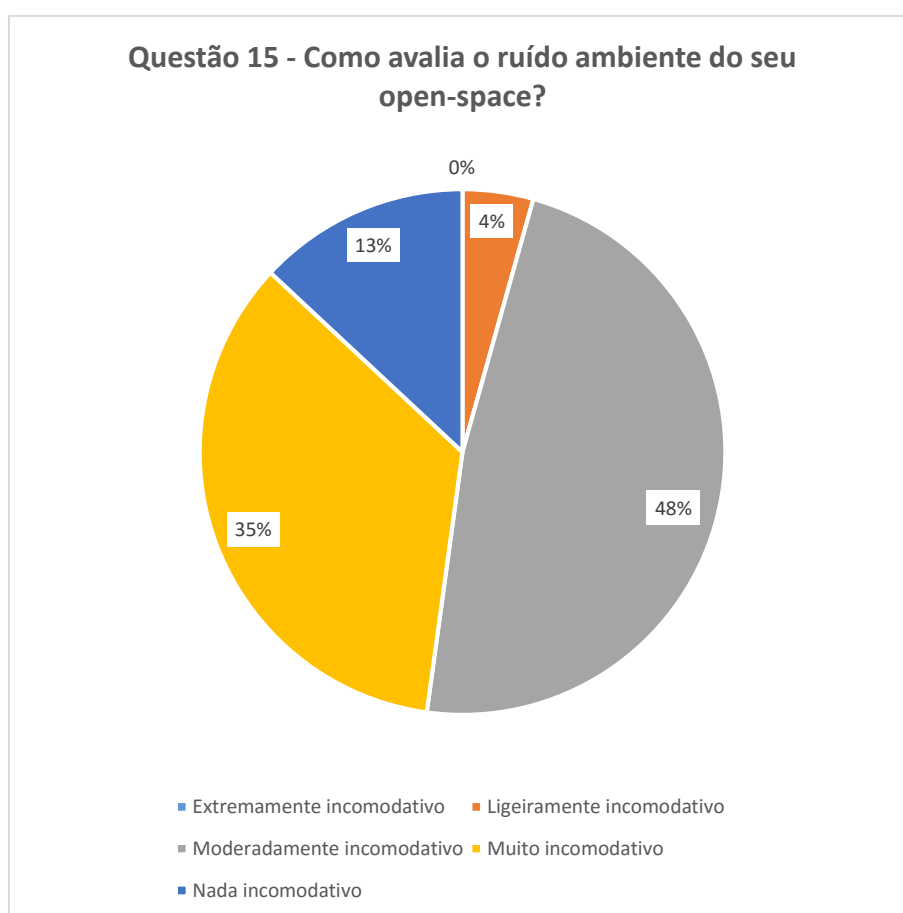


Figura XVII. 8 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 15 (%)

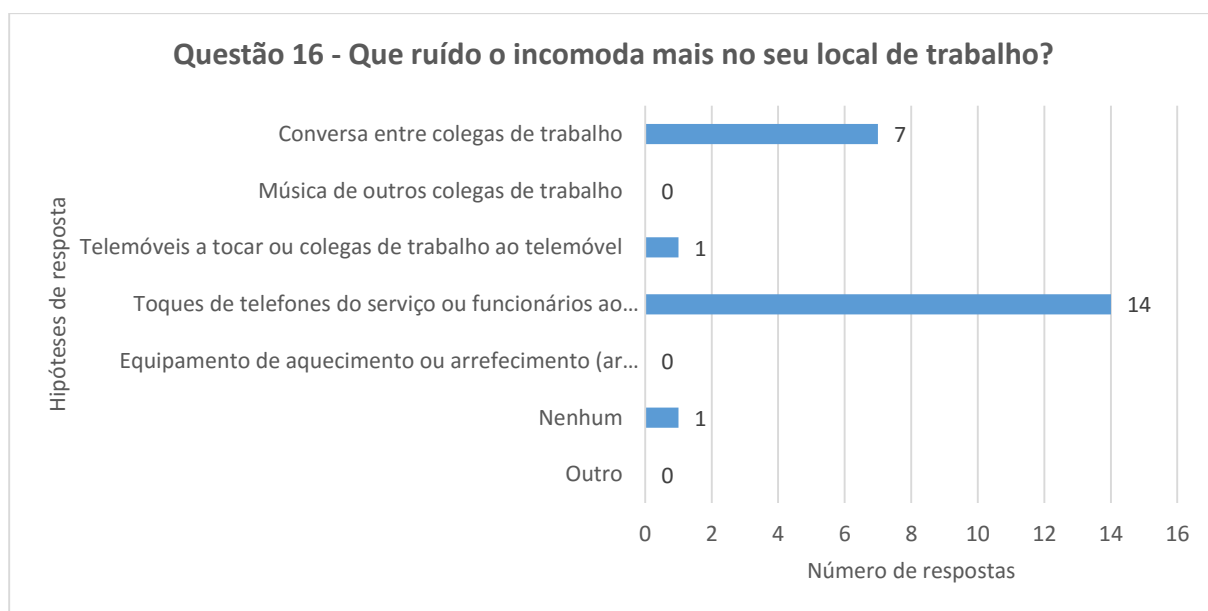


Figura XVII. 9 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 16



Figura XVII. 10 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 16 (%)

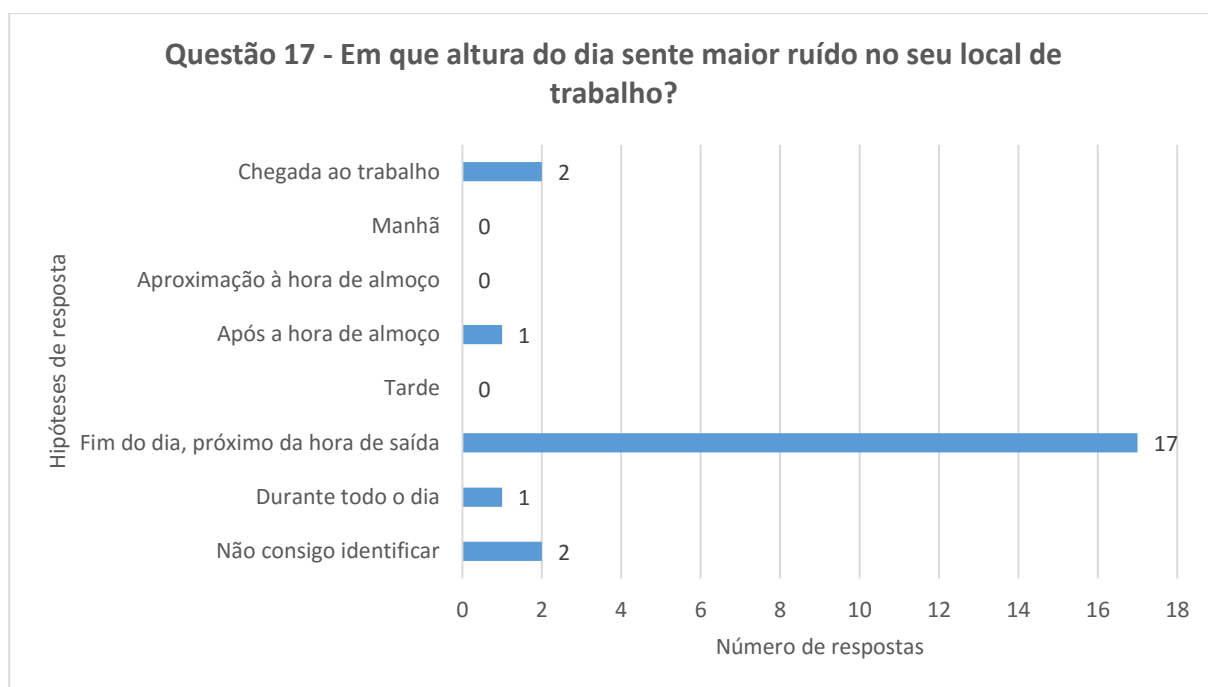


Figura XVII. 11 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 17



Figura XVII. 12 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 17 (%)

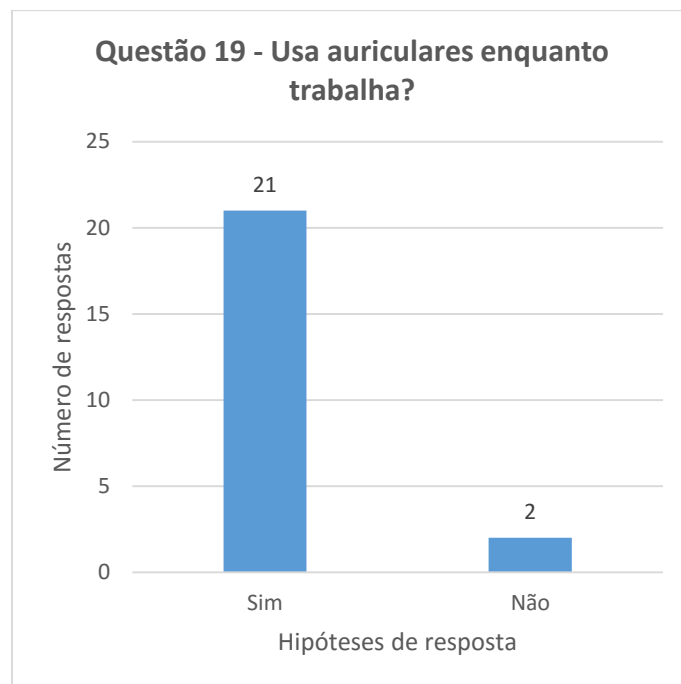


Figura XVII. 13 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 19

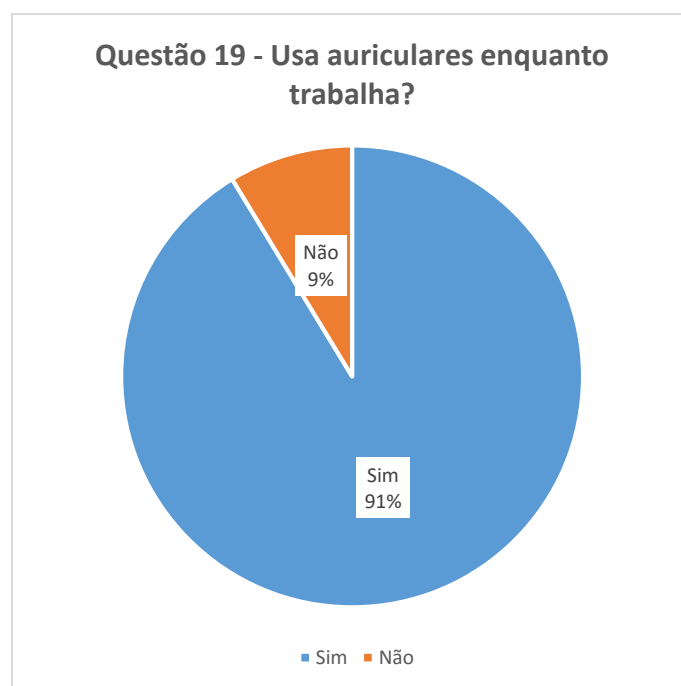


Figura XVII. 14 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 19 (%)

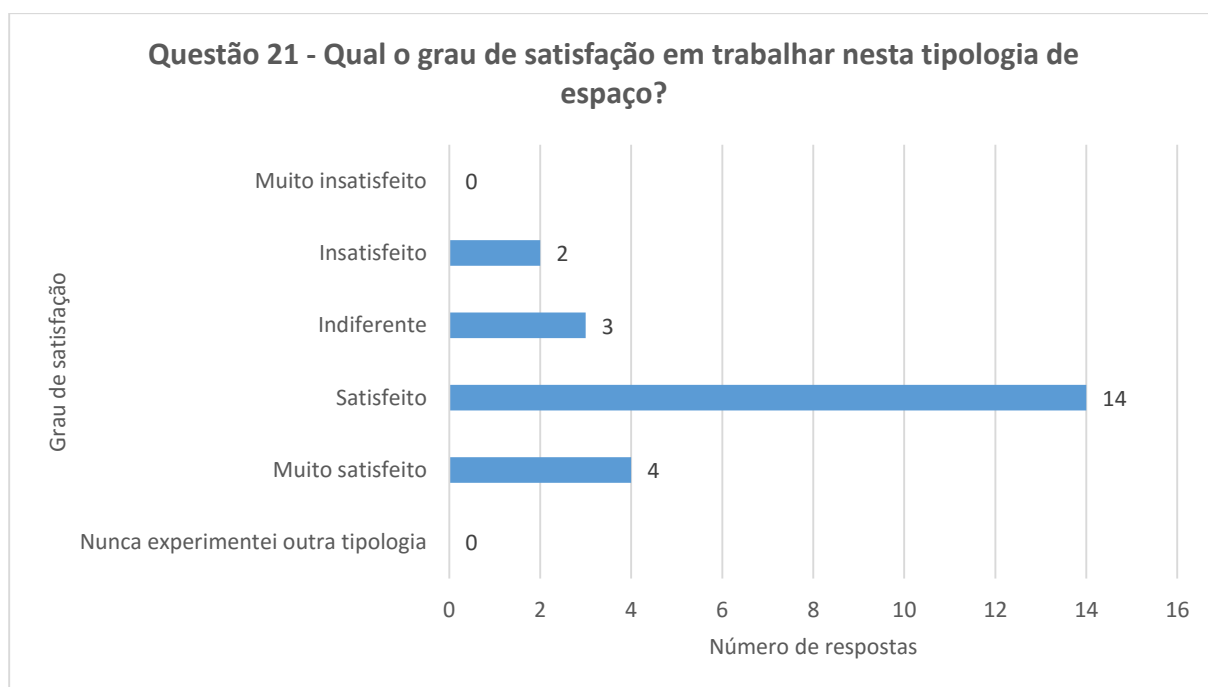


Figura XVII. 15 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 21

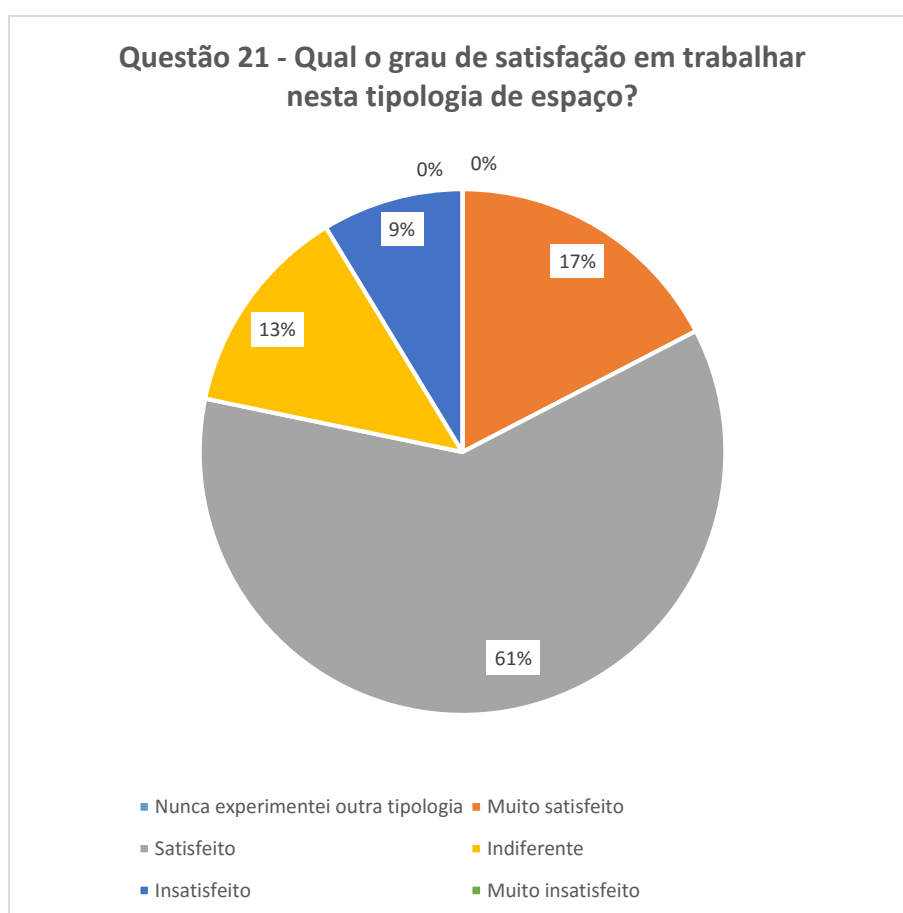


Figura XVII. 16 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 21 (%)

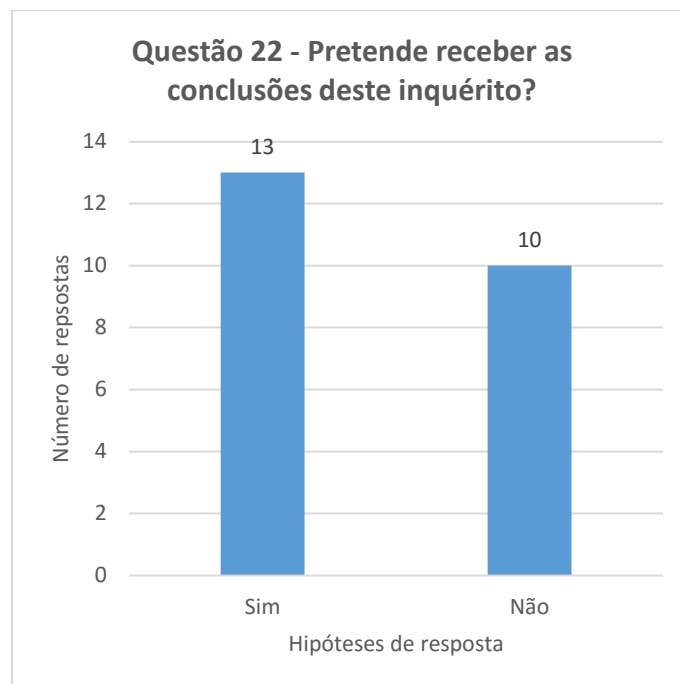


Figura XVII. 17 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 22

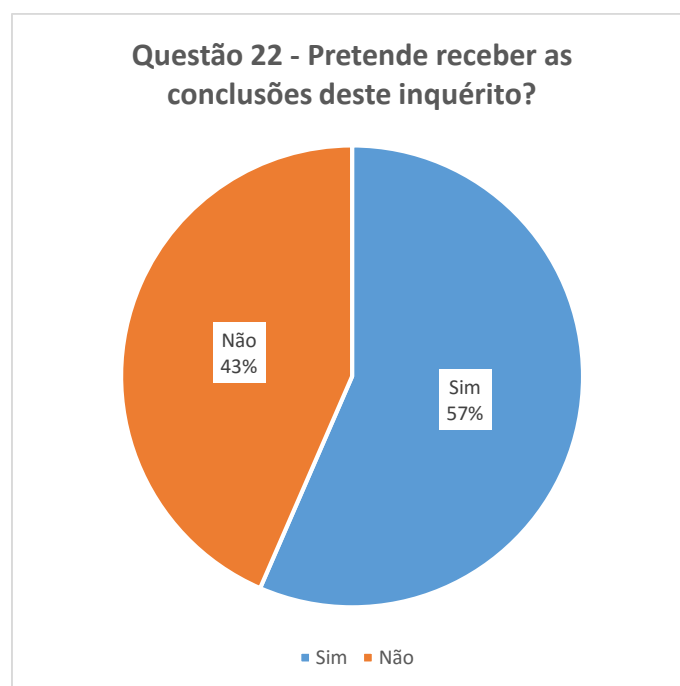


Figura XVII. 18 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa B – Questão 22 (%)

ANEXO XVIII – Inquérito caso de estudo – Gráficos Empresa C

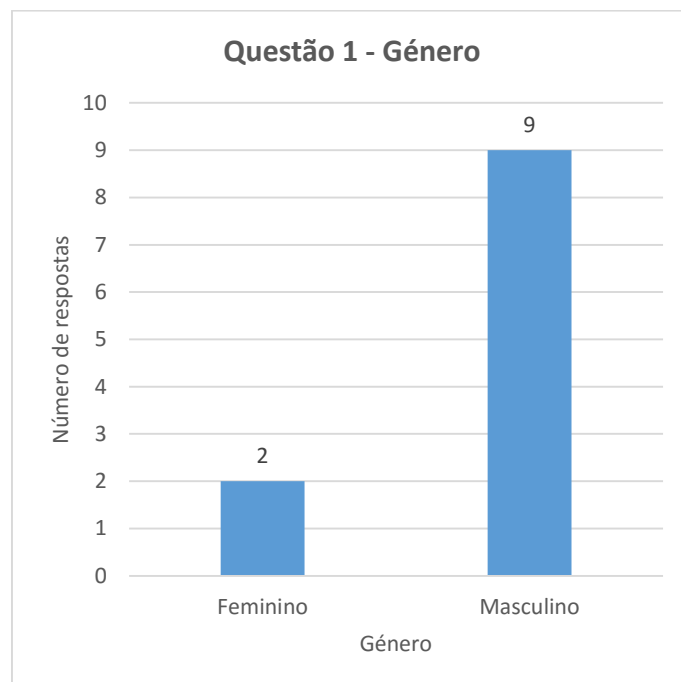


Figura XVIII. 1 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 1

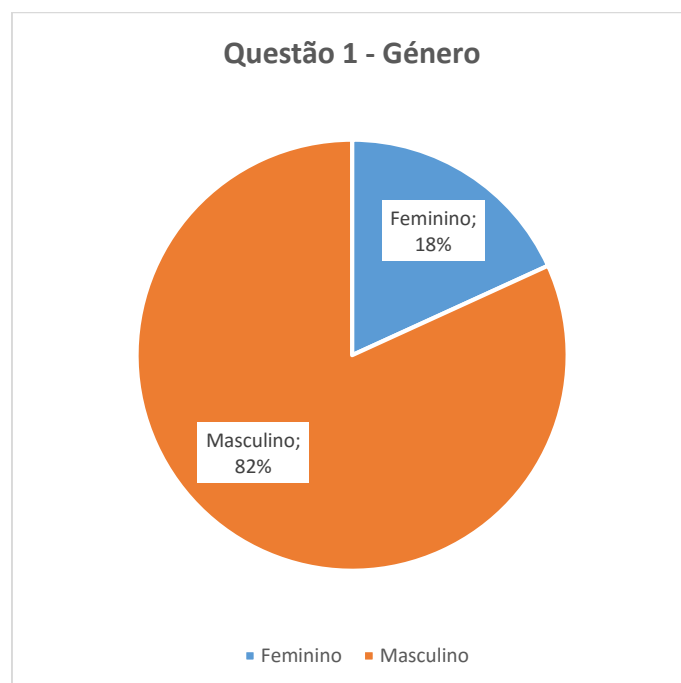


Figura XVIII. 2 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 1 (%)

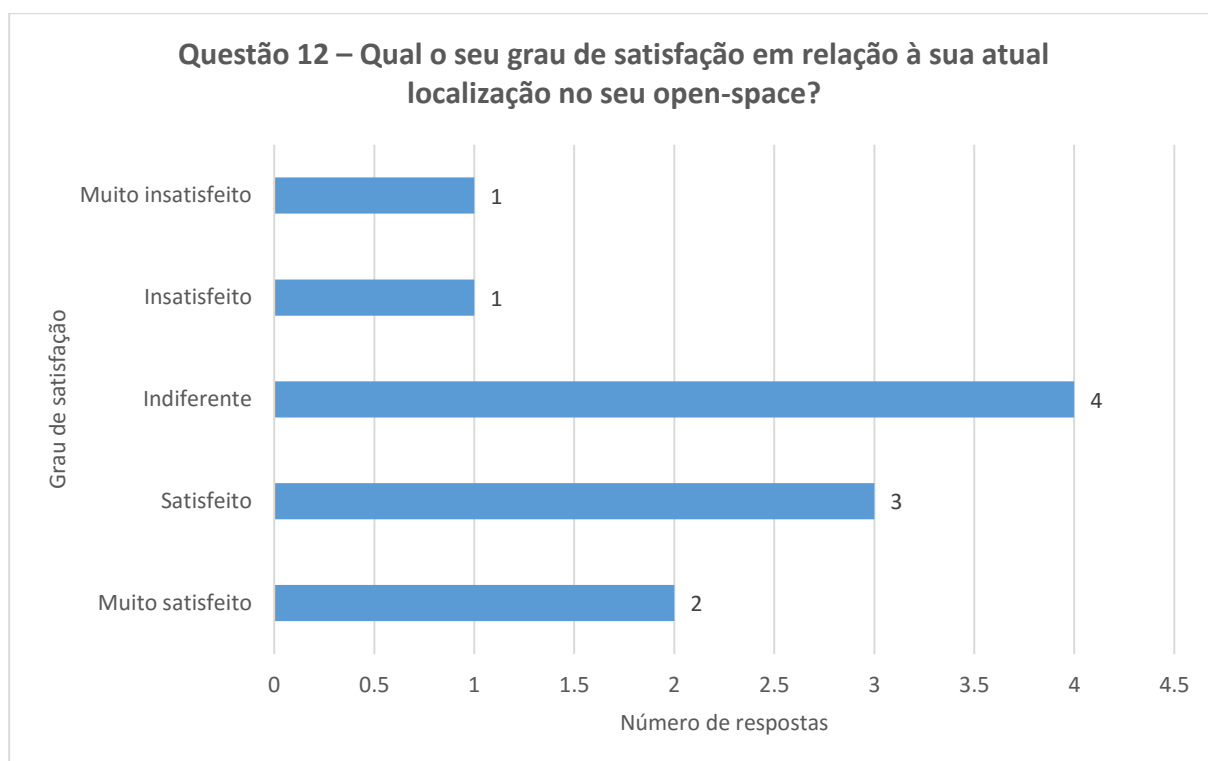


Figura XVIII. 3 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 12



Figura XVIII. 4 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 12 (%)

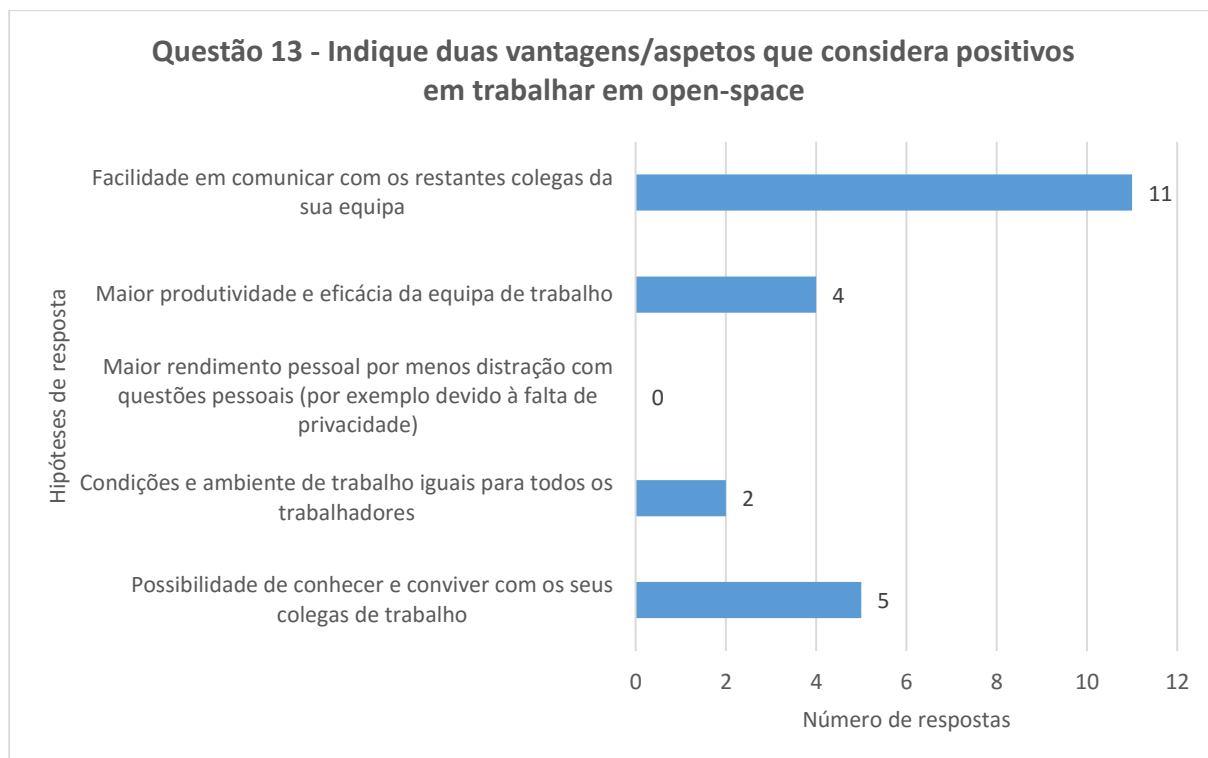


Figura XVIII. 5 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 13

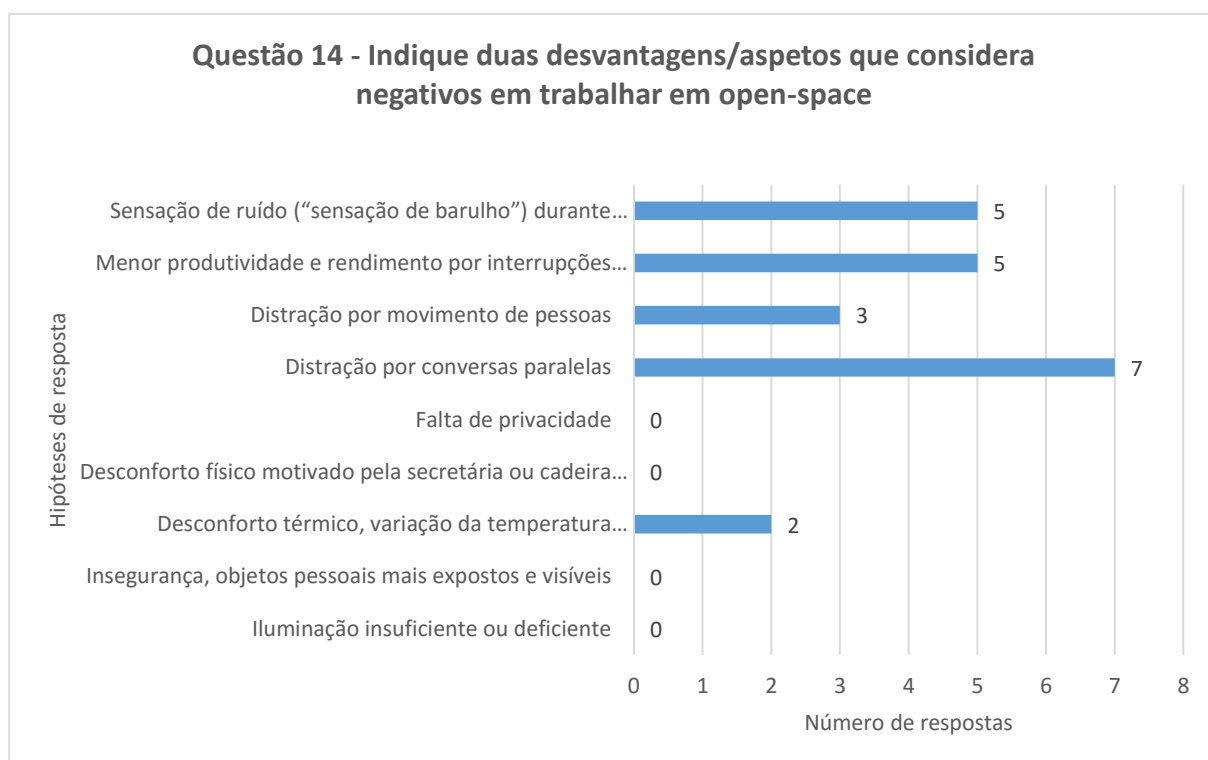


Figura XVIII. 6 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 14

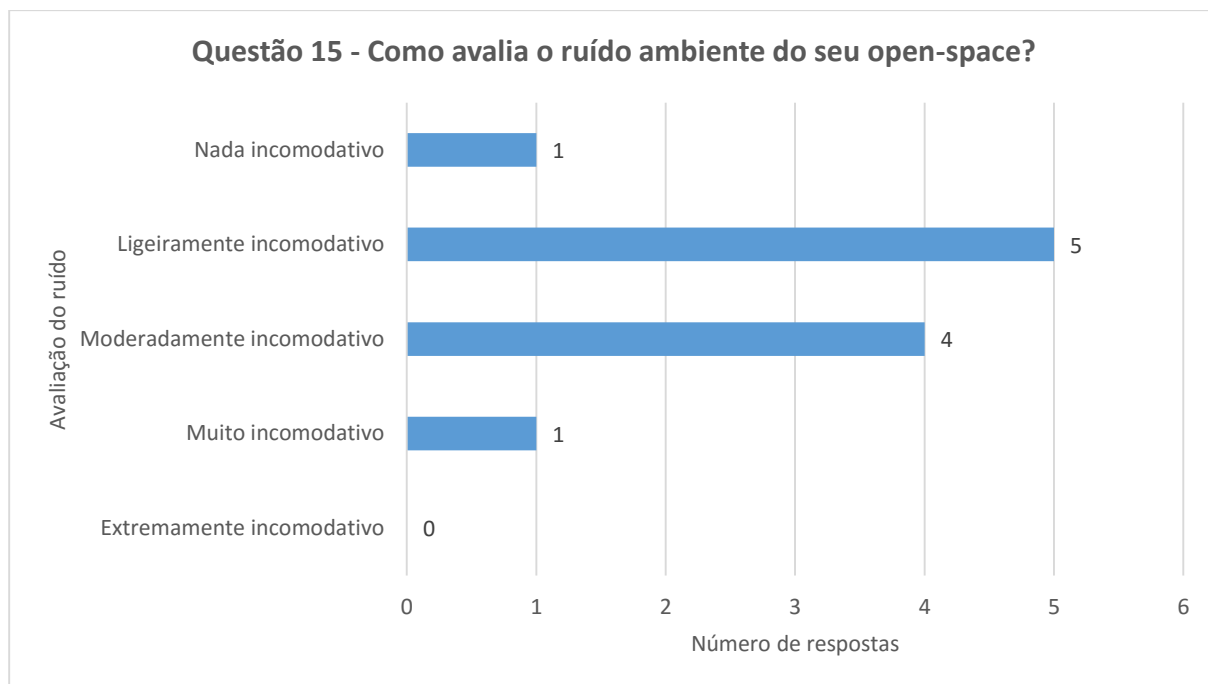


Figura XVIII. 7 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 15

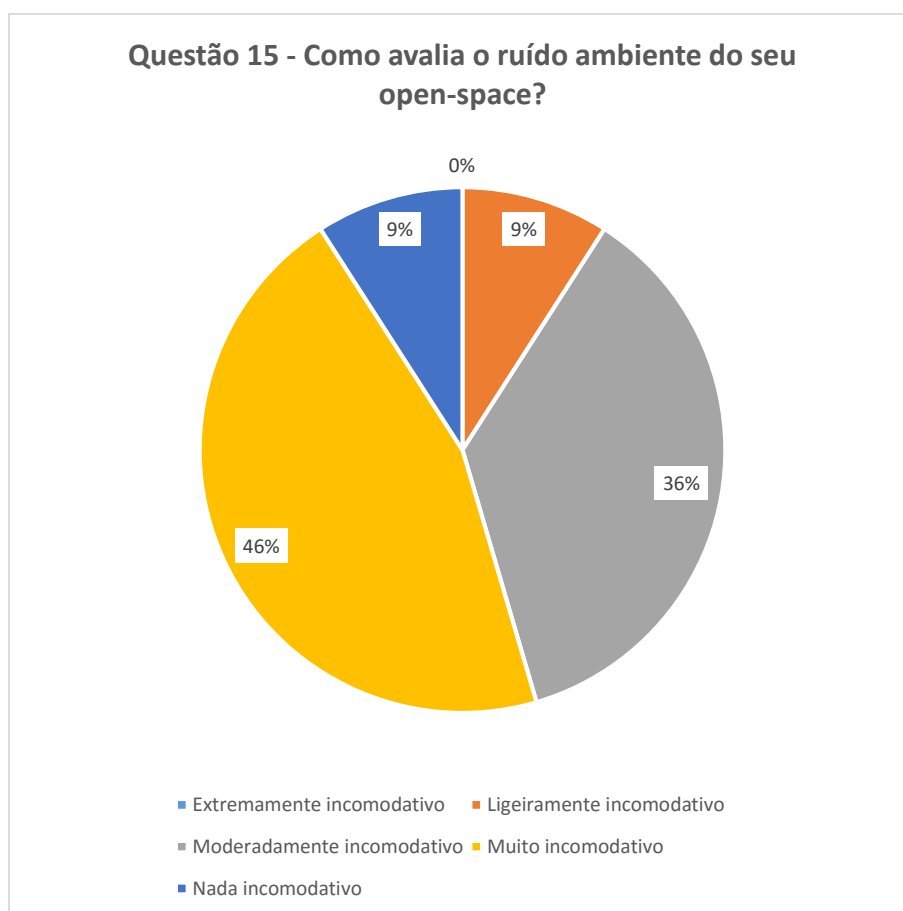


Figura XVIII. 8 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 15 (%)

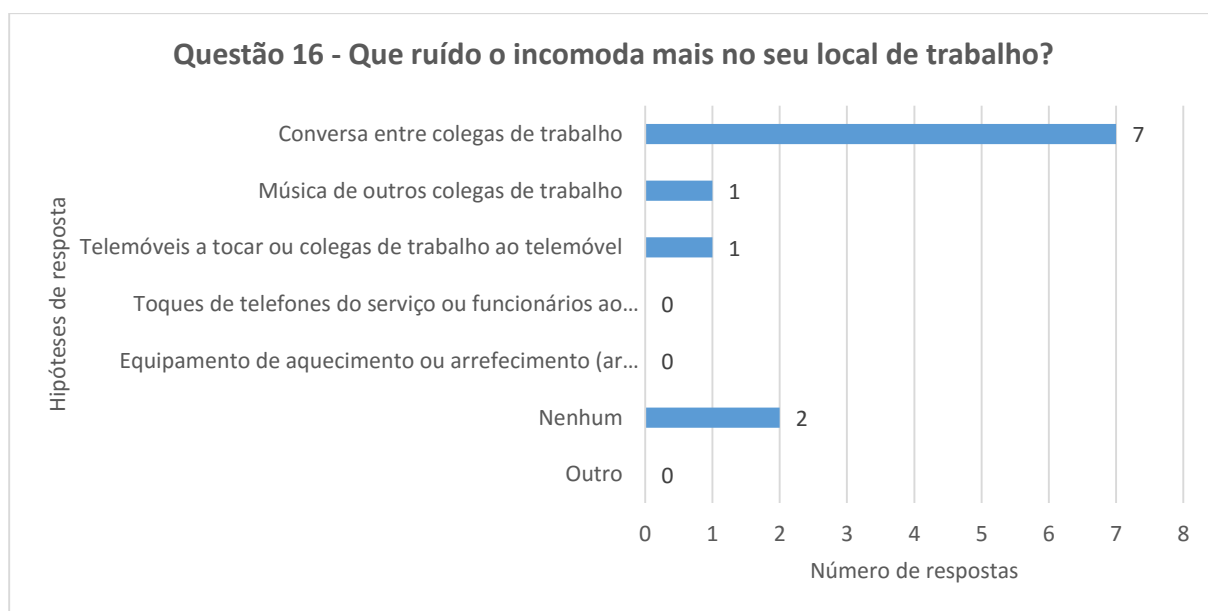


Figura XVIII. 9 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 16

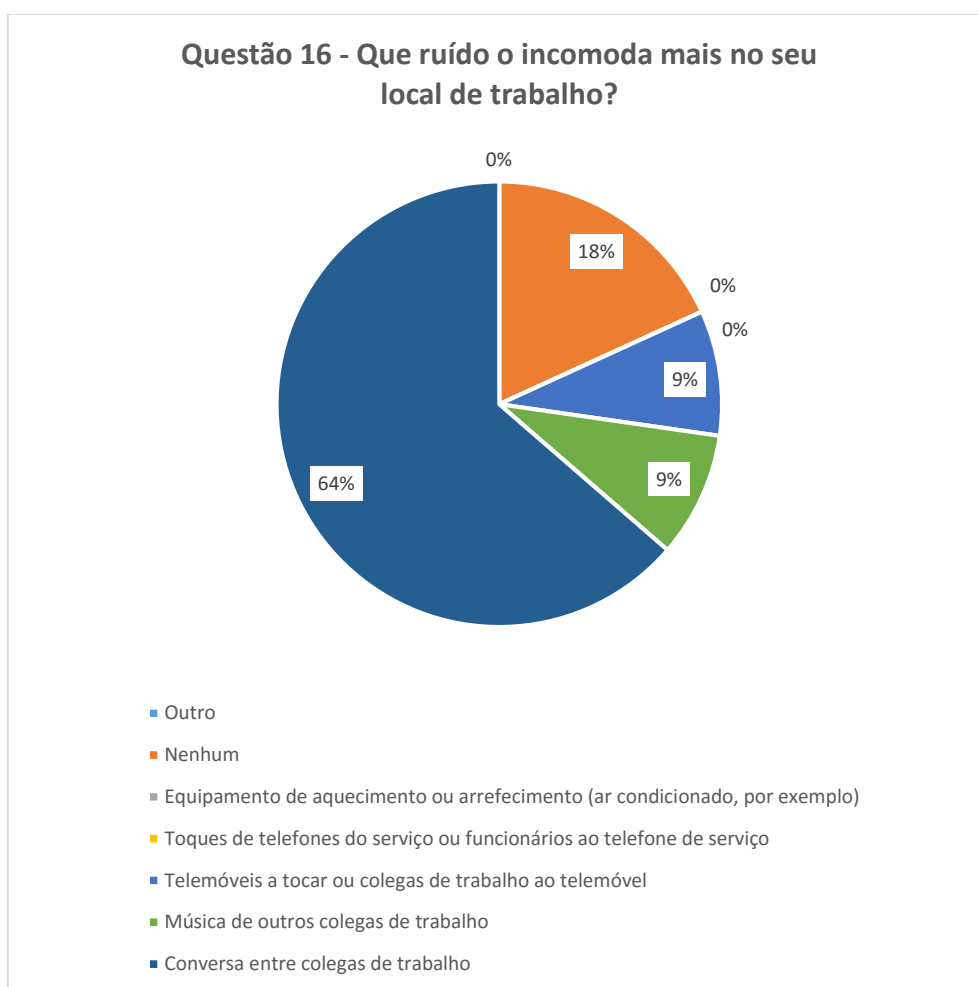


Figura XVIII. 10 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 16 (%)

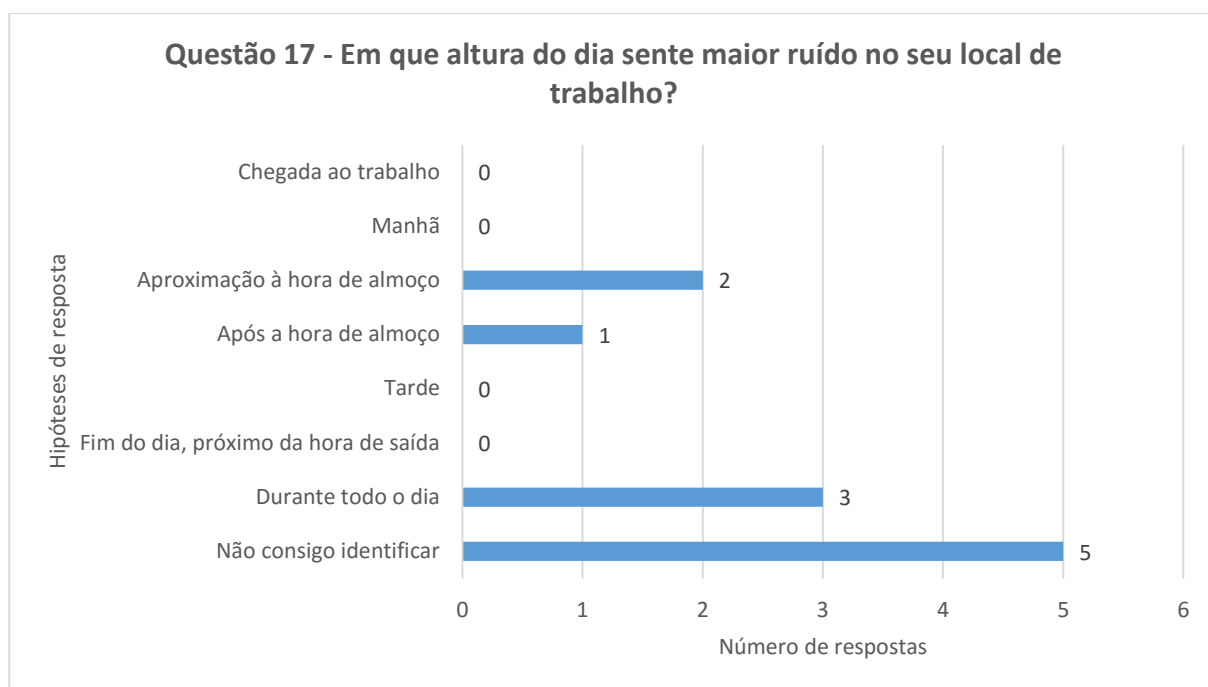


Figura XVIII. 11 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 17

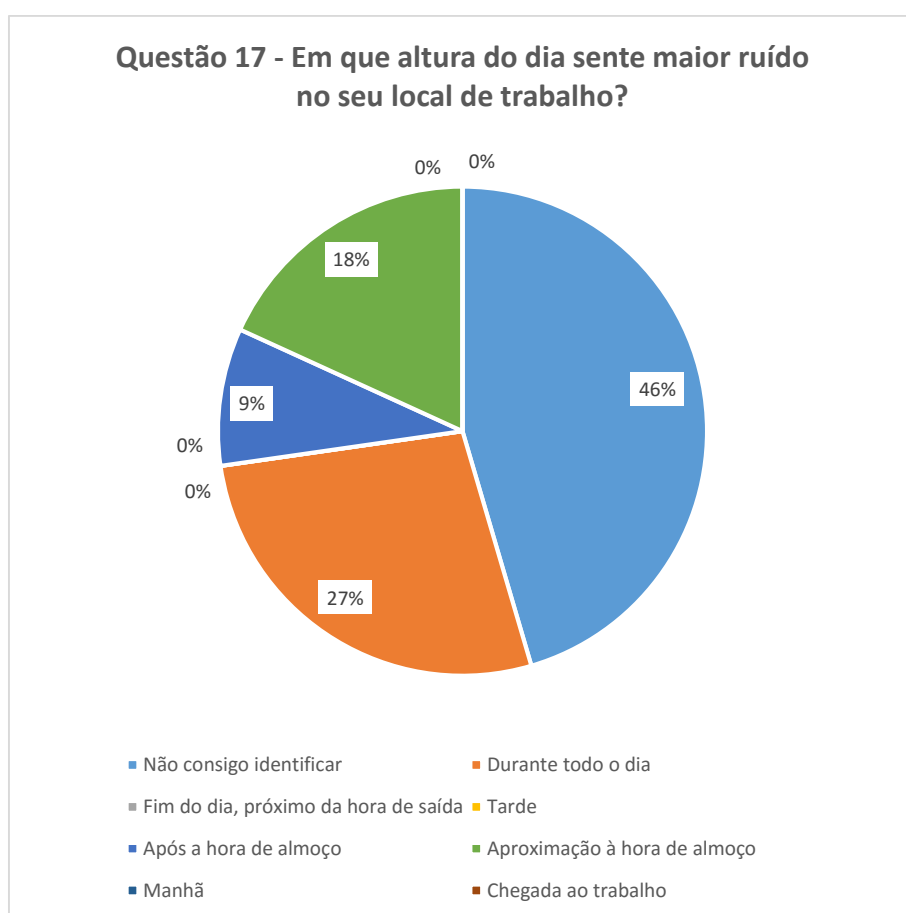


Figura XVIII. 12 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 17 (%)

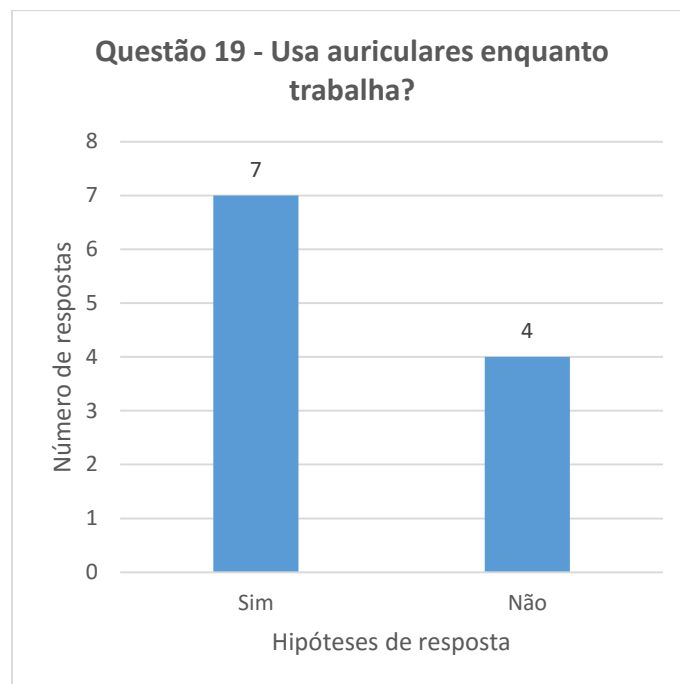


Figura XVIII. 13 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 19

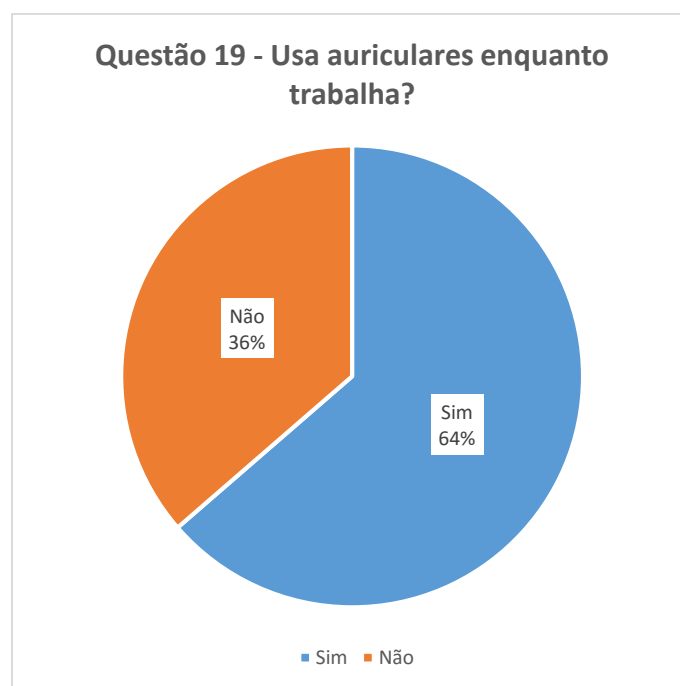


Figura XVIII. 14 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 19(%)

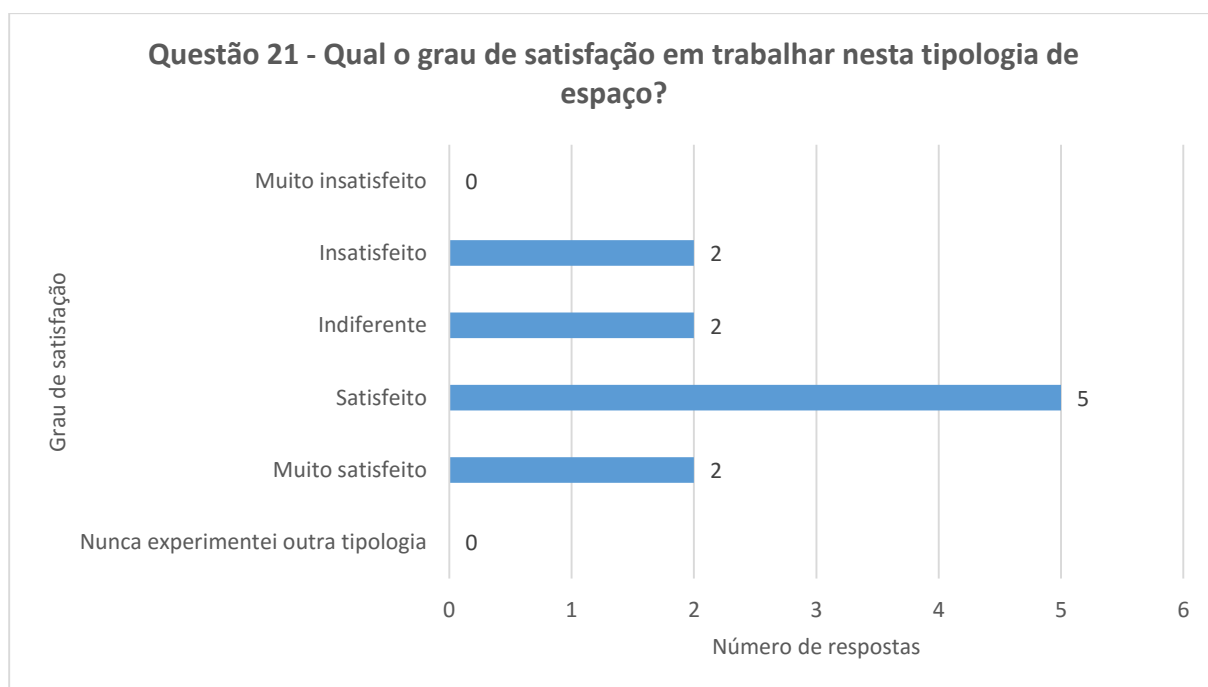


Figura XVIII. 15 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 21

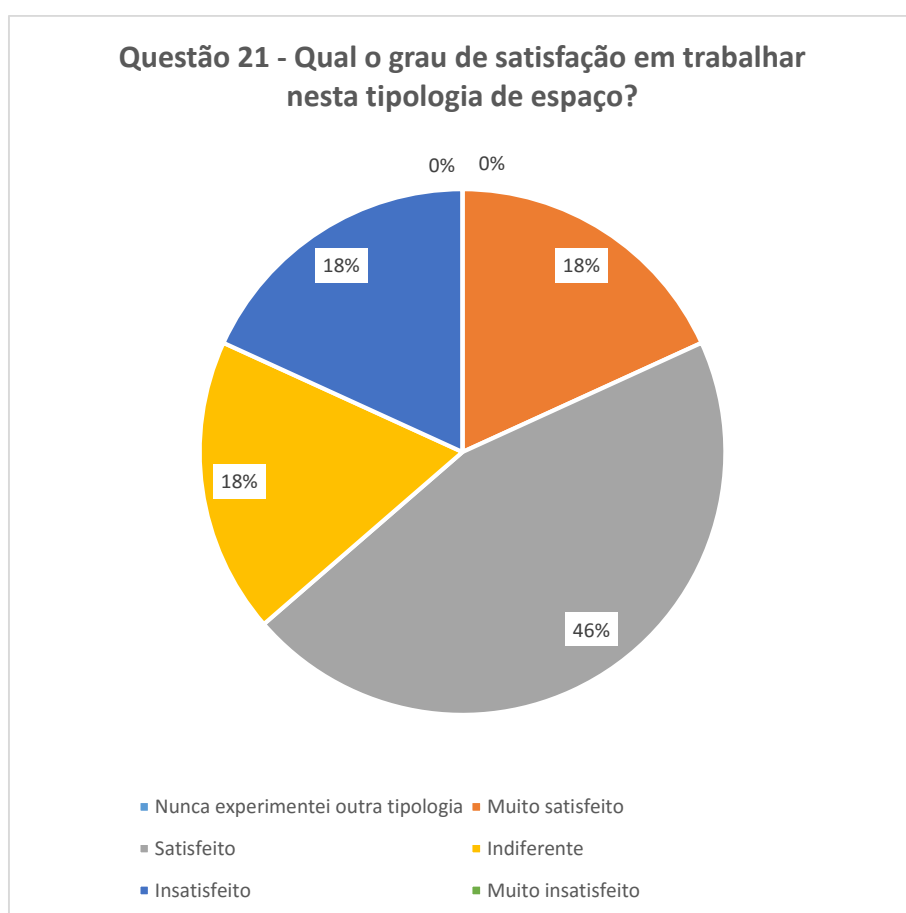


Figura XVIII. 16 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 21 (%)

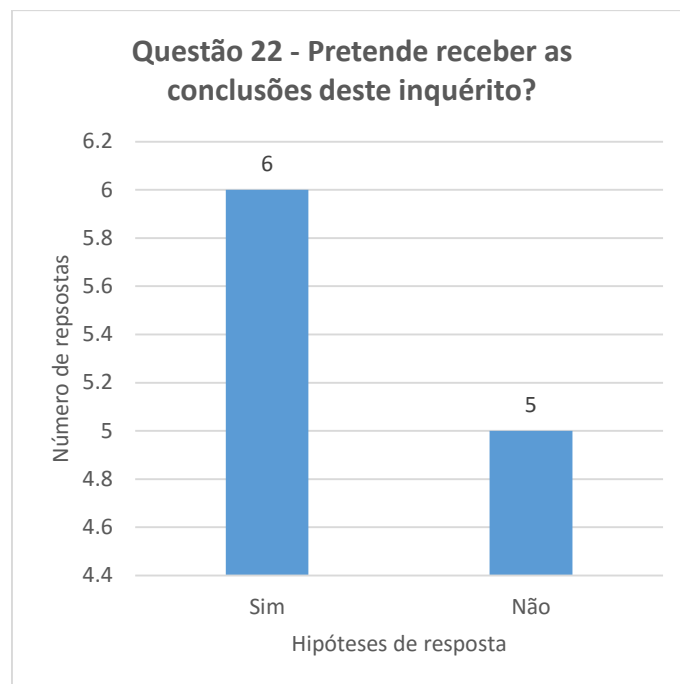


Figura XVIII. 17 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 22

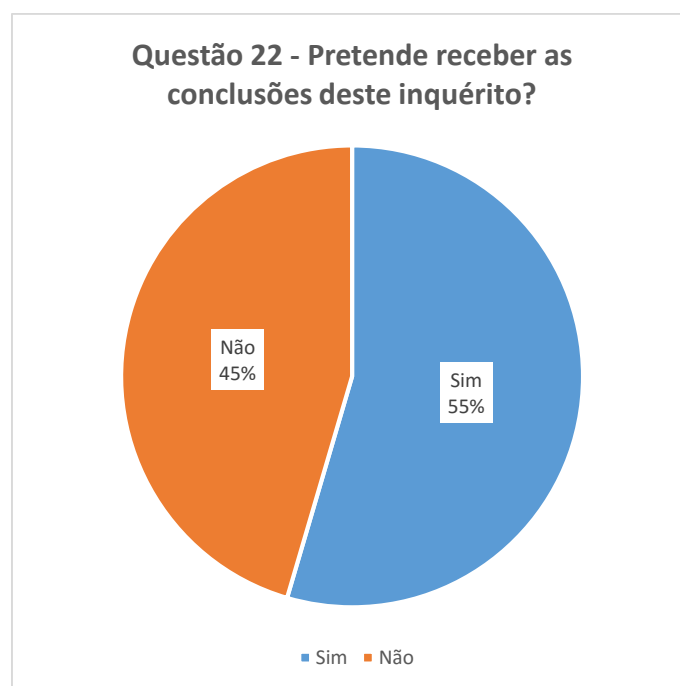


Figura XVIII. 18 - Gráfico referente ao Inquérito Empresa C – Questão 22 (%)